



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO.

TEMA:

ESTUDIO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE HORMIGÓN MEDIANTE VIBRO
- COMPACTACIÓN EN LA FÁBRICA “SAN JACINTO” EN LA PARROQUIA
IZAMBA PARA MEJORAR LOS NIVELES DE PRODUCCIÓN.

AUTOR: HUGO FABIÁN AMANCHA TORRES.

TUTOR: ING. MAURICIO CARRILLO.

AMBATO – ECUADOR

2012

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo investigativo, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “ESTUDIO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE HORMIGÓN MEDIANTE VIBRO - COMPACTACIÓN EN LA FÁBRICA “SAN JACINTO” EN LA PARROQUIA IZAMBA PARA MEJORAR LOS NIVELES DE PRODUCCIÓN”, elaborado por el señor HUGO FABIÁN AMANCHA TORRES egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- ✓ Que la presente tesis es original de su autor.
- ✓ Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- ✓ Está concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Octubre del 2012

.....

Ing. Mauricio Carrillo.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

Yo HUGO FABIÁN AMANCHA TORRES con C.I.: 180396187-7, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “ESTUDIO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE HORMIGÓN MEDIANTE VIBRO - COMPACTACIÓN EN LA FÁBRICA “SAN JACINTO” EN LA PARROQUIA IZAMBA PARA MEJORAR LOS NIVELES DE PRODUCCIÓN”, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de grado.

Ambato, Octubre del 2012

EL AUTOR

.....

Hugo Fabián Amancha Torres

C.I.: 180396187-7

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a toda mi familia quienes hicieron realidad este sueño en especial a quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en una persona de provecho, a quienes nunca podré pagar todos sus esfuerzos y sacrificios ni aún con las riquezas más grandes del mundo, a mis padres Segundo César Amancha y Olga Alicia Torres.

Gracias por darme la oportunidad de existir, por sus ejemplos de superación incasable, por su comprensión y confianza, por su amor y amistad incondicional.

A mis ñaños, Israel y Mónica que con su alegría, cariño, amistad y comprensión alegran mi vida y me transmiten sus fuerzas cuando parece terminar las mías.

A mis sobrinos Justin Damián y Monserrate Damilet quienes con su inocencia y ternura alegran mi vida y la llenan de amor y cariño.

Muchas gracias familia por estar a mi lado cuando más lo necesite siempre serán el pilar fundamental en mi vida. Sin su apoyo no hubiera sido posible la culminación de mi carrera profesional.

Con todo el amor del mundo

Hugo Fabián

AGRADECIMIENTO

Gracias a tí DIOS, por darme la fuerza, carácter y salud para alcanzar las metas y sueños de mi vida.

A mis padres y hermanos que siempre están presentes en mi mente y en mi corazón.

El más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad.

*A mi tutor de tesis Ing. Mauricio Carrillo, por guiar este trabajo investigativo hasta su exitosa culminación.
Al Ing. Santiago Villacís que con sus conocimientos y experiencia colaboró e hizo posible el desarrollo del presente trabajo.*

A mis profesores quienes día a día me inculcaron sus conocimientos para realizarme como ser humano y profesional.

Un agradecimiento especial a la Fábrica “San Jacinto” quien extendió su mano y supo brindar todas las facilidades para que ésta tesis llegue a un feliz término.

A mis amigos con quienes compartí mi vida estudiantil y a todas las personas que aportaron para que se realice este proyecto de Titulación.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES	PÁGINA
TÍTULO.....	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVIII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XXI

B. TEXTO

INTRODUCCIÓN.....	XXIII
-------------------	-------

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. TEMA.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO.....	2
1.2.3. PROGNOSIS.....	2
1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.5. PREGUNTAS DIRECTRICES.....	3
1.2.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.6.1. DE CONTENIDO.....	3
1.2.6.2. ESPACIAL.....	3

1.2.6.3. TEMPORAL.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	6
2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	6
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	6
2.4. RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	7
2.4.1. TUBERÍAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN.....	7
2.4.1.1. PROPIEDADES DE LOS TUBOS DE HORMIGÓN.....	8
2.4.1.2. USOS DE LOS TUBOS DE HORMIGÓN.....	9
2.4.1.3. CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN CUMPLIR LA TUBERÍA DE HORMIGÓN SEGÚN NORMAS INEN.....	10
2.4.2. PRENSAS VIBRO – COMPACTADORAS.....	15
2.4.3. FÁBRICA “SAN JACINTO”.....	17
2.4.4. MÉTODO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE CONCRETO.....	20
2.4.5. VIBRACIÓN.....	27
2.4.5.1. IMPORTANCIA DEL VIBRADO EN LA COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA.....	28
2.4.5.2. AMPLITUD Y FRECUENCIA DE LA VIBRACIÓN.....	28
2.4.5.3. TIEMPO DE DURACIÓN DEL VIBRADO Y COMPRESIÓN DE LA MEZCLA.....	29
2.4.6. COMPRESIÓN.....	29
2.4.7. UNIDAD HIDRÁULICA.....	29
2.4.8. MOTOR ELÉCTRICO.....	30
2.4.9. BOMBA HIDRÁULICA.....	31

2.4.10. CILINDROS HIDRÁULICOS.....	32
2.5. HIPÓTESIS.....	33
2.5.1. UNIDAD DE OBSERVACIÓN DE ANÁLISIS.....	34
2.5.2. VARIABLES.....	34
2.5.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	34
2.5.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	34
2.5.3. TÉRMINO DE RELACIÓN.....	34

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE.....	35
3.2. MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	35
3.2.1. MODALIDAD.....	35
3.2.2. TIPO.....	36
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37
3.3.1. POBLACIÓN O UNIVERSO (N).....	37
3.3.2. MUESTRA (n).....	37
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	38
3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	38
3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	40
3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	41
3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	41
3.7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	42

CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	43
4.1.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ENTREVISTA REALIZADA AL GERENTE.....	43
4.1.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE FICHA DE CAMPO.....	45

4.1.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE REGISTROS ESPECÍFICOS.....	45
4.1.4. ANÁLISIS DEL NIVEL DE PRODUCCIÓN DE LA FÁBRICA “SAN JACINTO”	48
4.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	61
4.2.1. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA ENTREVISTA REALIZADA AL GERENTE.....	61
4.2.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE FICHA DE CAMPO.....	62
4.2.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE REGISTROS ESPECÍFICOS.....	63
4.2.4. INTERPRETACIÓN DEL NIVEL DE PRODUCCIÓN DE LA FÁBRICA “SAN JACINTO”	64
4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	75
4.3.1. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.....	76
4.3.1.1. ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA.....	76
4.3.1.2. CÁLCULOS DE DISEÑO.....	76
4.3.1.3. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA ACTUAL.....	90
4.3.1.4. SISTEMAS AUTOMATIZADOS.....	101
4.3.1.5. SISTEMA ELÉCTRICO.....	111
4.3.1.6. SISTEMA HIDRÁULICO.....	127
4.3.2. NIVEL DE PRODUCCIÓN DE LA FÁBRICA “SAN JACINTO” IMPLEMENTADO EL SISTEMA AUTOMATIZADO.....	144
4.3.3. VERIFICACIÓN DEL PRODUCTO FINAL.....	148
4.3.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	151

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	158
5.2. RECOMENDACIONES.....	159

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. DATOS INFORMATIVOS.....	
6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	161
6.3. JUSTIFICACIÓN.....	162
6.4. OBJETIVOS.....	163
6.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	163
6.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	163
6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	164
6.6. FUNDAMENTACIÓN.....	164
6.6.1. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN.....	165
6.6.2. PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	165
6.6.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.....	172
6.6.3.1. INDICACIONES BÁSICAS PARA EL MONTAJE.....	185
6.6.3.2. OPERACIONES INICIAL DE LA MÁQUINA.....	185
6.6.3.3. MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.....	185
6.6.4. POSIBLES PROBLEMAS Y SOLUCIONES.....	186
6.7. METODOLOGÍA.....	187
6.7.1. CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DEL PANEL DE CONTROL.....	190
6.7.1.1. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL TABLERO.....	190
6.7.1.2. ETAPAS CONSTRUCTIVAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	191
6.7.1.3. UNIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DEL TABLERO DE CONTROL.....	192
6.7.1.4. SELECCIÓN MANUAL / AUTOMÁTICO.....	198
6.7.2. MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO....	199
6.7.3. CONSTRUCCIÓN MECÁNICA DEL TABLERO DE CONTROL PRINCIPAL Y MANUAL Y PREVIO MONTAJE.....	200
6.8. ADMINISTRACIÓN.....	203
6.8.1. ANÁLISIS DE COSTOS.....	206
6.8.1.1. COSTOS DIRECTOS.....	206

6.8.1.2. COSTOS INDIRECTOS.....	206
6.8.1.3. COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN.....	208
6.8.2. FINANCIAMIENTO.....	209
6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	210
6.9.1. CALIBRACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA.....	210
6.9.2. PRUEBAS.....	210
6.9.2.1. PLAN DE PRUEBAS.....	211
6.9.2.2. PRUEBAS Y RESULTADOS.....	212
BIBLIOGRAFÍA.....	212
ANEXOS	214

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Ensayo hidrostático de tuberías.....	11
Figura 2. Ensayo de aplastamiento.....	12
Figura 3. Obtención de muestras de hormigón.....	14
Figura 4. Ensayo de estanqueidad.....	14
Figura 5. Máquina para tubos de hormigón Vifesa K-100.....	15
Figura 6. Desmolde de tubos.....	16
Figura 7. Dimensionamiento de tubos “San Jacinto”.....	20
Figura 8. Mescladora de turbina.....	21
Figura 9. Dosificación del concreto para tubos.....	22
Figura 10. Arandela base lubricada	23
Figura 11. Intermedio del molde al nivel del piso.....	23
Figura 12. Sistema de Vibro – Compresión.....	24
Figura 13. Anillo de compactación giratoria.....	24
Figura 14. Desmolde de tubo.....	25
Figura 15. Colocación en la canastilla de transportación y previa transportación.....	25
Figura 16. Área de fraguado y curado.....	26
Figura 17. Almacenamiento de tubos de hormigón.....	27
Figura 18. Comercialización de tubos.....	27
Figura 19. Mesa vibratoria.....	28
Figura 20. Central hidráulica.....	30
Figura 21. Diversos motores eléctricos.....	31
Figura 22. Bombas hidráulicas.....	32
Figura 23. Cilindros hidráulicos doble efecto.....	33
Figura 24. Registros específicos de ensayos a tubería de 200mm.....	46
Figura 25. Registros específicos de ensayos a tubería de 200mm.....	47
Figura 26. Gráfica de tiempos de vibración para auto – acomodar material en el periodo de 08 – 12 am en los días 29 – 30 de Septiembre y 04 de	

Octubre del 2011.....	65
Figura 27. Gráfica de tiempos de vibro - compresión en el periodo de 08 – 12 am en los días 29 – 30 de Septiembre y 04 de Octubre del 2011.....	65
Figura 28. Gráfica de tiempos totales de producción de tubería de hormigón en el periodo de 08 – 12 am en los días 29 – 30 de Septiembre y 04 de Octubre del 2011.....	66
Figura 29. Gráfica de tiempos de procesos manuales en el periodo de 08 – 12 am en los días 29 – 30 de Septiembre y 04 de Octubre del 2011.....	66
Figura 30. Gráfica de tiempos de vibración para auto - acomodar material en el periodo de 13-17 pm en los días 29 - 30 de Septiembre y 04 de Octubre del 2011.....	67
Figura 31. Gráfica de tiempos de vibro - compresión en el periodo de 13 – 17 pm en los días 29 – 30 de Septiembre y 04 de Octubre del 2011.....	68
Figura 32. Gráfica de tiempos totales de producción de tubería de hormigón en el periodo de 13 – 17 pm en los días 29 – 30 de Septiembre y 04 de Octubre del 2011.....	68
Figura 33. Gráfica de tiempos de procesos manuales en el periodo de 13 – 17 pm en los días 29 – 30 de Septiembre y 04 de Octubre del 2011.....	69
Figura 34. Gráfica de tiempos de vibración para auto - acomodar material en el periodo de 08 – 12 am en los días 05, 10 y 11 de Octubre del 2011.....	70
Figura 35. Gráfica de tiempos de vibro - compresión en el periodo de 08 – 12 am en los días 05, 10 y 11 de Octubre del 2011.....	70
Figura 36. Gráfica de tiempos totales de producción de tubería de hormigón en el periodo de 08 – 12 am en los días 05, 10 y 11 de Octubre del 2011.....	71
Figura 37. Gráfica de tiempos de procesos manuales en el periodo de 08 – 12 am en los días 05, 10 y 11 de Octubre del 2011.....	71
Figura 38. Gráfica de tiempos de vibración para auto – acomodar material en el periodo de 13 – 17 pm en los días 05, 10 y 11 de Octubre del 2011.....	72
Figura 39. Gráfica de tiempos de vibro - compresión en el periodo de 13 - 17pm en los días 05, 10 y 11 de Octubre del 2011.....	73
Figura 40. Gráfica de tiempos totales de producción de tubería de hormigón en el	

periodo de 13 – 17 am en los días 05, 10 y 11 de Octubre del 2011.....	73
Figura 41. Gráfica de tiempos de procesos manuales en el periodo de 13 – 17 pm en los días 05, 10 y 11 de Octubre del 2011.....	74
Figura 42. Modelo de las excéntricas	80
Figura 43. Soporte circular de caucho.....	81
Figura 44. Gráfica del comportamiento de la amplitud en función del tiempo tubos de diámetro 200mm.....	84
Figura 45. Gráfica del comportamiento de la aceleración en función del tiempo tubos de diámetro 200mm.....	85
Figura 46. Gráfica del comportamiento de la amplitud en función del tiempo tubos de diámetro 300mm.....	86
Figura 47. Gráfica del comportamiento de la aceleración en función del tiempo tubos de diámetro 200mm.....	86
Figura 48. Apisonador de tubos de 300 mm.....	87
Figura 49. Molde exterior e intermedio.....	91
Figura 50. Mando hidráulico.....	93
Figura 51. Válvula de alivio.....	94
Figura 52. Bomba de paletas.....	95
Figura 53. Esquema del cilindro neumático.....	97
Figura 54. Detalles de depósito.....	99
Figura 55. Sistema automatizado.....	102
Figura 56. Lazo abierto.....	103
Figura 57. Lazo cerrado.....	104
Figura 58. Funciones básicas del editor KOP.....	109
Figura 59. Circuito de potencia.....	113
Figura 60. Nomenclatura utilizada en sistemas eléctricos.....	113
Figura 61. Circuito de conexiones del PLC.....	115
Figura 62. Circuito de control manual.....	115
Figura 63. Circuito de Control.....	116
Figura 64. Conductores eléctricos.....	119
Figura 65. Relé magnético.....	120

Figura 66. Relé térmico.....	121
Figura 67. Relés auxiliares con base incluida.....	123
Figura 68. Contactor.....	123
Figura 69. Selector de 3 posiciones.....	125
Figura 70. Pulsadores eléctricos.....	125
Figura 71. Pulsadores eléctricos.....	126
Figura 72. Canaletas, borneras y riel DIN.....	127
Figura 73. Diagrama espacio – fase.....	129
Figura 74. Diagrama espacio - tiempo.....	130
Figura 75. Diagrama de mandos.....	131
Figura 76. Electroválvulas.....	133
Figura 77. Válvulas de alivio.....	134
Figura 78. Válvulas reguladoras de caudal.....	135
Figura 79. Filtro de aceite de aspiración.....	135
Figura 80. Filtro de retorno de retorno.....	136
Figura 81. Manifolds.....	137
Figura 82. Manómetro indicador de presión.....	138
Figura 83. Mangueras flexibles.....	138
Figura 84. Racores.....	142
Figura 85. Diagrama del sistema hidráulico.....	143
Figura 86. Tiempos de producción de tubos de hormigón de 200mm en períodos de la mañana y tarde respecto a cuando ya se implanto el sistema de automatización.....	146
Figura 87. Tiempos de producción de tubos de hormigón de 300mm en períodos de la mañana y tarde respecto a cuando ya se implanto el sistema de automatización.....	147
Figura 88. Ensayo de compresión realizado a tubos de hormigón.....	148
Figura 89. Registros específicos de ensayos a tubería de 200mm.....	150
Figura 90. Visualización de alarmas.....	166
Figura 91. Secuencia de movimiento de actuadores.....	172
Figura 92. Display del PLC de elección de modo de trabajo.....	173

Figura 93. Ladder de selección de modo de trabajo.....	173
Figura 94. Display del PLC modo de trabajo manual.....	174
Figura 95. Ladder de trabajo modo manual.....	174
Figura 96. Display del PLC modo de trabajo automático.....	175
Figura 97. Display del PLC para escoger diámetro de tubos a fabricar.....	175
Figura 98. Menú de selección de tubos a fabricar.....	176
Figura 99. Display del PLC de fabricación de tubería de 300mm de diámetro.....	176
Figura 100. Ladder de llamado de subrutinas.....	177
Figura 101. Subrutina de fabricación de tubos de hormigón de 300mm.....	178
Figura 102. Breckers y relés térmicos.....	192
Figura 103. Riel DIN, canaletas y borneras.....	192
Figura 104. Acometida monofásica del Tablero.....	193
Figura 105. Relés auxiliares.....	194
Figura 106. Transformador.....	194
Figura 107. Electroválvulas.....	195
Figura 108. Luz piloto.....	195
Figura 109. Interruptor, selector de 3 posiciones, pulsadores.....	196
Figura 110. PLC.....	196
Figura 111. Finales de carrera.....	197
Figura 112. Conectores.....	197
Figura 113. Abrazaderas.....	197
Figura 114. Componentes del tablero de mando.....	198
Figura 115. Circuito de control.....	199
Figura 116. Panel de control del operador.....	199
Figura 117. Conexión de manifolds en serie.....	200
Figura 118. Montaje de válvula de alivio.....	201
Figura 119. Montaje de la válvula reguladora de caudal.....	201
Figura 120. Montaje de electroválvulas.....	202
Figura 121. Montaje de filtro hidráulico.....	202
Figura 122. Fijación del sistema hidráulico.....	203
Figura 123. Corte y trazado de la plancha de acero para la construcción de tableros	

de control.....	204
Figura 124. Corte y pulido de las circunferencias.....	204
Figura 125. Doblado de tableros de control.....	205
Figura 126. Pintado y etiquetado de paneles de control.....	205
Figura 127. Montaje del tablero de control.....	206

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Requisitos físicos y dimensionales para tubería de hormigón simple.....	12
Tabla 2. Detalle de los productos que ofrece la empresa.....	18
Tabla 3. Unidades de observación y análisis.....	34
Tabla 4. Variable independiente.....	38
Tabla 5. Variable dependiente.....	40
Tabla 6. Producción diaria de tubería de hormigón dependiendo del diámetro.....	43
Tabla 7. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 200mm en el intervalo 08:00 – 12:00 am.....	49
Tabla 8. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 200mm en el intervalo 13:00 – 17:00 pm.....	50
Tabla 9. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 200mm en el intervalo 08:00 – 12:00 am.....	51
Tabla 10. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 200mm en el intervalo 13:00 – 17:00 pm.....	52
Tabla 11. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 200mm en el intervalo 08:00 – 12:00 am.....	53
Tabla 12. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 200mm en el intervalo 13:00 – 17:00 pm.....	54
Tabla 13. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 300mm en el intervalo 08:00 – 12:00 am.....	55
Tabla 14. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 300mm en el intervalo 13:00 – 17:00 pm.....	56
Tabla 15. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 300mm en el intervalo 08:00 – 12:00 am.....	57
Tabla 16. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 300mm en el intervalo 13:00 – 17:00 pm.....	58
Tabla 17. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de	

hormigón de 300mm en el intervalo 08:00 – 12:00 am.....	59
Tabla 18. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 300mm en el intervalo 13:00 – 17:00 pm.....	60
Tabla 19. Características de la banda.....	79
Tabla 20. Resultado de la amplitud y aceleración para tubos de 200 mm.....	84
Tabla 21. Resultado de la amplitud y aceleración para tubos de 300 mm.....	85
Tabla 22. Datos técnicos del motor – bomba hidráulica.....	91
Tabla 23. Datos técnicos de los motores para vibración.....	92
Tabla 24. Datos técnicos del motor de la mezcladora tipo turbina.....	92
Tabla 25. Datos técnicos del mando hidráulico.....	94
Tabla 26. Datos técnicos de la bomba de paletas.....	96
Tabla 27. Cilindros que accionan la máquina.....	98
Tabla 28. Presiones requeridas en los cilindros dependiendo el diámetro de tubo....	98
Tabla 29. Datos técnicos del fluido hidráulico.....	101
Tabla 30. Diferencias entre tecnologías de automatización.....	105
Tabla 31. Diferencias de las familias tecnologías programadas.....	106
Tabla 32. Cargas que actúan en el sistema eléctrico.....	118
Tabla 33. Características del relé auxiliar.....	122
Tabla 34. Características del selector de 2 posiciones.....	124
Tabla 35. Características de los pulsadores.....	125
Tabla 36. Características de luces piloto.....	126
Tabla 37. Desarrollo cronológico del circuito.....	129
Tabla 38. Nomenclatura utilizada en el circuito hidráulico.....	143
Tabla 39. Promedio de tiempos relevantes en la producción de tubería de 200 mm..	145
Tabla 40. Promedio de tiempos relevantes en la producción de tubería de 300 mm..	145
Tabla 41. Tiempos relevantes utilizados en producción con sistema automatizado...	145
Tabla 42. Análisis costo – beneficio.....	157
Tabla 43. Entradas del PLC.....	167
Tabla 44. Salidas del PLC.....	168
Tabla 45. Base de datos etiquetados.....	168
Tabla 46. Problemas frecuentes y posibles soluciones.....	187

Tabla 47. Dimensiones de tableros de control principal.....	190
Tabla 48. Dimensiones de tableros de control auxiliar.....	191
Tabla 49. Costos directos.....	206
Tabla 50. Costos mano de obra.....	208
Tabla 51. Costos de maquinaria y herramienta.....	209
Tabla 52. Costos varios.....	209
Tabla 53. Costo total.....	209

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objeto primordial estudiar la fabricación de tubos de hormigón mediante vibro – compactación en la Fábrica “San Jacinto” en la parroquia Izamba y la estrecha relación con la determinación de los niveles de producción, destacando que el control de fabricación de dicha empresa es manual.

Con respecto a la metodología utilizada, se realizó un minucioso estudio en la planta de producción, realizando ensayos e inspecciones en los prefabricados incluyendo entidades donde se denotan las características técnicas que deben reunir dichos especímenes para garantizar su utilización en proyectos a gran escala.

Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de la información fueron un cuaderno de notas, en donde consta la recopilación descriptiva de la observación y entrevista acerca del desarrollo de las actividades a las personas involucradas, también hojas de resultados de las diversas pruebas llevadas a cabo, además de información de planos y bibliografías de carácter técnico en donde se establecen los lineamientos y requisitos mínimos para el buen desarrollo del tema en estudio.

Entre las principales conclusiones obtenidas en esta investigación; se determinó la inexistencia del cumplimiento de los parámetros exigidos en las normas pertinentes, además se evidencia un limitado control en el proceso de producción, generando heterogeneidad en el producto final.

La solución adoptada consta de la implementación del sistema de automatización de la prensa vibro - compactadora y consta como elemento principal de un PLC FlexiLogics, el cual posee ocho entradas y ocho salidas los cuales controlan el tiempo total del proceso y el accionamiento de tres motores y dos cilindros óleo hidráulicos, esto por medio de dispositivos electrónicos como son relés, transformadores, contactores, guarda motores, etc. Cabe recalcar que se implemento dos electroválvulas que ayudan a controlar el proceso.

SUMMARY

The main object for the present investigation is to study the concrete tubes production by a vibrate – compactation into “San Jacinto” factory in Izamba neighborhood and the close relationship with the determination of the levels of production, making stand out that the manufacturing control on the factory is manually.

On methodology used, at the factory was done a detailed study on the production plant in order to do test and inspections on the prefabricated including entities where the technical characteristics are denoted, which should gather the main specimens to guarantee its utilization in large scale projects.

The instruments used to the collection of the information were a notebook where is the descriptive compilation about observation and the interview about development of the involved people development, also result sheets concerning proofs made it, information about technical plans and bibliographies, which settle down limits and minimum requirements for a good development to the topic study.

Among, the main conclusions got it in this investigation; we can define the lack of compliance about parameters required in the relevant standards. Also there is evidence concerning a limit control in the production control to generate heterogeneity on the final product.

The adopted solution consists of the system of automation implementation on the press vibrate – compactation that is like the main element of a PLC FlexiLogics, which has eight entrances and exits to control the total time of the process and the working of three motors and two oil hydraulic cylinders through electronic devices as transformers, contactors, etc. It's necessary to denote that implement two electricvalves to help in order to control the process.

INTRODUCCIÓN

Los tubos de hormigón son productos de vital importancia en el campo de la construcción ecuatoriana, razón por la cual se requiere de maquinaria eficiente y tecnificada para la fabricación de este producto, sobre todo si se considera deficiencias en las características y niveles de producción de los mismos.

La Fábrica “San Jacinto” ha emprendido un cambio hacia el mejoramiento y optimización de la máquina vibro – compactadora. El presente proyecto se desarrolló precisamente en la mencionada empresa, teniendo como objetivo puntual estudiar la fabricación de tubos de hormigón y mejorar los niveles de producción mediante la automatización.

El proyecto toma en cuenta principalmente la velocidad del proceso de producción y la normativa que deben cumplir, a través de la automatización que mejoró la calidad del producto, redujo el tiempo de fabricación de tubos, optimizó recursos con la tecnificación adecuada de la máquina. Innovando el proceso artesanal hasta convertirlo en industrial elevando un escalón tecnológico a la producción en serie ofertando productos garantizados.

Para el presente proyecto se ha dividido en seis capítulos como sigue:

En el Capítulo I se presenta el problema de investigación, su contextualización, análisis crítico, interrogantes, justificación, delimitación y se plantean los objetivos de la investigación.

En el Capítulo II, se investigan los antecedentes con base en estudios similares existentes, se detalla el marco teórico referencial, se determina las categorías fundamentales las cuales ayudan a comprender de mejor manera el problema; se plantea la hipótesis y el señalamiento de variables que intervienen en la misma.

En el Capítulo III, se determina la modalidad de investigación, la cual se involucra a la modalidad de campo, bibliográfica y experimental; se determina el nivel o tipo de investigación que implica a un nivel exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo.

En el Capítulo IV, se realiza el análisis e interpretación de resultados obtenidos una vez aplicados los instrumentos de investigación. Además se denotan registro específicos que muestran las características de los especímenes expuestos a la normativa.

En el Capítulo V, se exponen las conclusiones a las cuales se ha llegado luego del estudio realizado y se establece las recomendaciones para los problemas encontrados.

Finalmente en el Capítulo VI se presenta la elaboración de la propuesta, en la cual se da solución a los problemas encontrados durante la investigación y se contribuye positivamente para el proceso constructivo del proyecto en estudio.

Además se cuenta con anexos y documentos que sirven para una completa comprensión del proyecto.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. TEMA: ESTUDIO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE HORMIGÓN MEDIANTE VIBRO – COMPACTACIÓN EN LA FÁBRICA “SAN JACINTO” EN LA PARROQUIA IZAMBA PARA MEJORAR LOS NIVELES DE PRODUCCIÓN.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN:

Las tuberías de hormigón han sido de gran importancia al desempeñar funciones estructurales e hidráulicas a nivel mundial. En la actualidad la oferta de los prefabricados de hormigón tiene un crecimiento significativo, pues la demanda de dichos productos va cada día en aumento, debido al crecimiento poblacional, así como el desarrollo arquitectónico de la urbe. Su utilización es antigua y ha sido mejorada con el transcurso del tiempo.

En Latinoamérica existen diversos fabricantes de tubos de hormigón entre ellas se puede citar: Preconal que se encuentra en la Av. Juan Pablo II de la ciudad El Alto en La Paz - Bolivia, y Recomar en el Parque Industrial Plátanos en Buenos Aires - Argentina.

A nivel nacional hay un gran número de empresas destinadas a la fabricación de tubos de hormigón entre ellas están, Tubos de Hormigón "José Guillén Vélez" situada en la Parroquia Andrés de Vera, Portoviejo, Manabí. Prehorcen Cia. Ltda ubicada en la lotización Miranda Grande, a 4Km. de Conocoto, Quito, Pichincha, entre otras.

Actualmente en Ambato existen 8 empresas fabricantes de tubos de hormigón que tiene como mercado principal la industria de la construcción, entre ellas la Fábrica

“San Jacinto” la cual utiliza el proceso de vibro – compactación para la producción de tubos de hormigón.

El crecimiento de la industria de tubería de hormigón exige a los fabricantes del país estandarizar la maquinaria en base a ensayos y normas que regulan la fabricación y puesta en obra de estas tuberías.

1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO

El avance de la ciencia y la tecnología han obligado a que las industrias de prefabricados de hormigón reemplacen máquinas basadas en mecanismos rígidos por sistemas de potencia hidráulica y comandos eléctricos, automatizando los procesos de fabricación.

En la Fábrica “San Jacinto” donde se va a realizar la investigación, no existe un prensado uniforme en el proceso productivo de tubos de hormigón, por lo cual no existe homogeneidad en los tubos fabricados.

El método de producción manual en la construcción de tubos de hormigón exige un gran esfuerzo físico que cansa al trabajador. El empleo de estos métodos de producción provoca un bajo rendimiento del trabajador y que existan productos defectuosos.

El uso de maquinaria obsoleta en el proceso productivo de tubos de hormigón conlleva a obtener productos de menor calidad, tiempos de producción largos y por ende insatisfacción del cliente, obligando a tener modificaciones en el diseño y estructura de la maquinaria.

Un factor importante que se debe mencionar es la materia prima de buena calidad pues al no proveerse de ella no ofrecerá alta resistencia mecánica y poca durabilidad en la producción de tubos de hormigón.

1.2.3. PROGNOSIS

En caso de no efectuarse el estudio de fabricación de tubos de hormigón mediante vibro - compactación en la Fábrica “San Jacinto” en la parroquia Izamba no se podrá mejorar los niveles de producción de tubos de hormigón, provocando insatisfacción del cliente.

1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El estudio de fabricación de tubos de hormigón mediante vibro - compactación en la Fábrica “San Jacinto” en la parroquia Izamba permitirá mejorar los niveles de producción?

1.2.5. PREGUNTAS DIRECTRICES

¿Cuáles son las etapas actuales en la fabricación de tubos de hormigón mediante vibro - compactación en la Fábrica “San Jacinto” en la parroquia Izamba?

¿Qué parámetros y niveles de producción debe cumplir la producción de tubos de hormigón fabricado en la Fábrica “San Jacinto” en la parroquia Izamba?

¿Existe una alternativa de solución en la fabricación de tubos de hormigón mediante vibro - compactación en la Fábrica “San Jacinto” en la parroquia Izamba para mejorar los niveles de producción?

1.2.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.6.1. DE CONTENIDO

La presente investigación se fundamenta en el campo de Ingeniería Mecánica en el área de Diseño de Elementos, Automatización y Control Industrial, Máquinas Eléctricas, Seguridad Industrial, Gestión Empresarial.

1.2.6.2. ESPACIAL

El tema propuesto se la realizará en:

- ✓ La Fábrica “San Jacinto” en la Parroquia de Izamba
- ✓ Laboratorio de Ensayos de Materiales “Estudios Especializados”, ubicada en las avenidas Colombia y las Américas (Sector CICT).
- ✓ Además se complementará en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica mediante el contenido de libros que se relacionan con este estudio.

1.2.6.3. TEMPORAL

El presente trabajo investigativo se desarrollará en los meses comprendidos entre Agosto del 2011 y Septiembre del 2012.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Con esta investigación se pretende aportar al desarrollo de la empresa mediante el conocimiento del funcionamiento y capacidad de producción de los equipos que allí existen, ya que ayudará a brindar mejoras para la producción de tubos de hormigón.

Esta investigación representa un gran aporte que relaciona la teoría con la práctica pues es un tema con gran alcance que abarca diversos aspectos de la ingeniería, los cuales de manera directa e indirecta lograrán fortalecer, incrementar y consolidar conocimientos del investigador, así como también a la comunidad en general (Estudiantes y empresarios).

La presente investigación es novedosa debido a que a nivel local existe limitada información sobre este tipo de procesos de producción que implica el conocimiento de normas específicas.

Los beneficiados en particular serán: La Fábrica “San Jacinto” al disponer de información actualizada de su producción para tomar decisiones adecuadas para cubrir las falencias de los procesos y lograr la satisfacción del cliente; y la comunidad en general quienes estén interesados en el tema porque contarán con información referente a la fabricación de tubos de hormigón y la maquinaria empleada.

Adicionalmente, es factible porque se cuenta con recursos bibliográficos, tecnológicos y económicos, además la empresa brinda la disponibilidad de sus instalaciones, herramientas para llevar a cabo la presente investigación.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Estudiar la fabricación de tubos de hormigón mediante vibro - compactación en la Fábrica “San Jacinto” en la parroquia Izamba para mejorar los niveles de producción.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analizar las etapas de fabricación de tubos de hormigón mediante vibro – compactación en la Fábrica “San Jacinto” en la parroquia Izamba.
- ✓ Establecer los parámetros y niveles de producción de tubos de hormigón en la Fábrica “San Jacinto” en la parroquia Izamba.
- ✓ Proponer una alternativa de solución en la fabricación de tubos de hormigón mediante vibro - compactación en la Fábrica “San Jacinto” en la parroquia Izamba para mejorar los niveles de producción.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS:

En lo referente a temas con relación a la investigación, cabe aclarar que en el registro de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica no se ha verificado la existencia de antecedentes investigativos similares a este proyecto.

2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

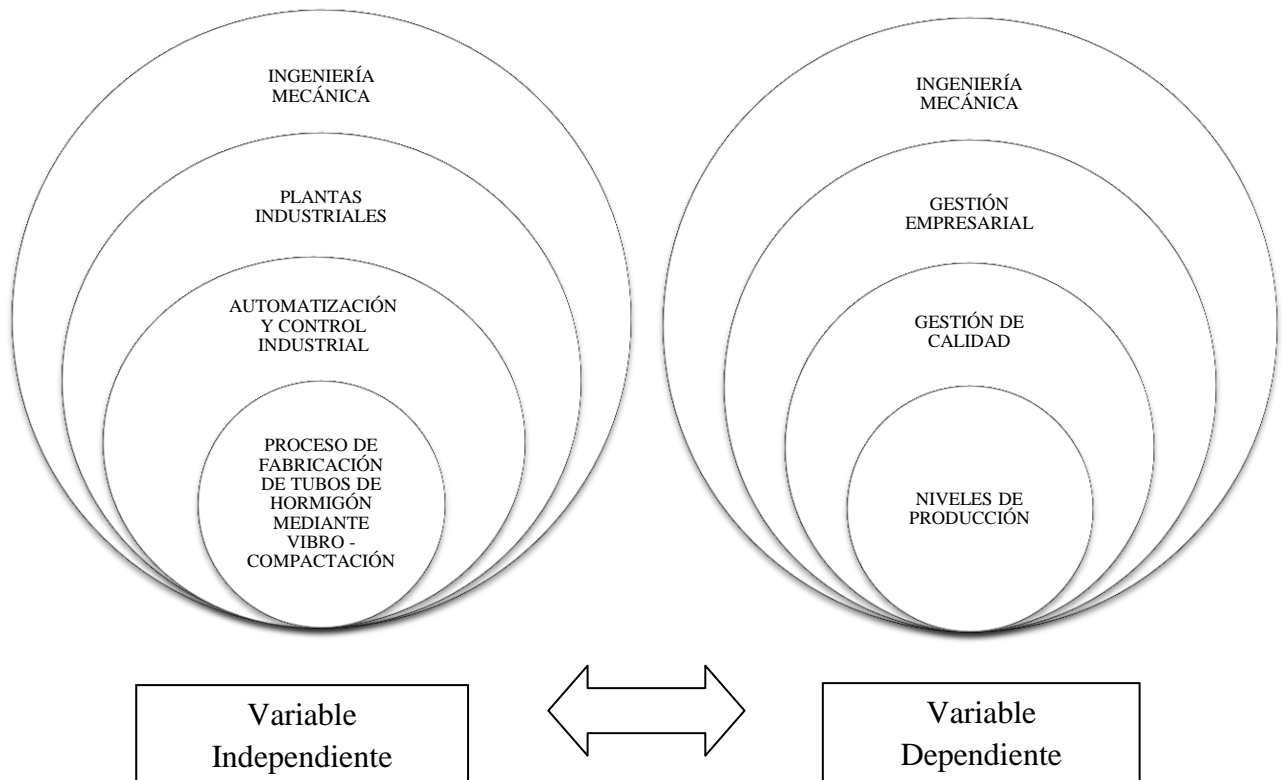
La presente investigación se ubica en el paradigma crítico propositivo, ya que la investigación parte de problemas reales en nuestro medio, involucrados en el proceso de fabricación de tubos de hormigón mediante vibro - compactación, con el objeto de aportar positivamente con ideas para dar una propuesta de solución al problema.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

El presente proyecto de investigación estará fundamentado en las siguientes normas:

- ✓ Norma INEN 009. Código de Dibujo Técnico - Mecánico, presenta los parámetros técnicos a tomar en cuenta a la hora de realizar planos.
- ✓ Norma NTE INEN 1855-2:2002. Hormigones, hormigón preparado en obra, requisitos, presenta las condiciones técnicas que garanticen la bondad y seguridad de las obras que se ejecuten con hormigón.
- ✓ Norma NTE INEN 1586:1987. Tubos y accesorios de hormigón. Definiciones y terminología.
- ✓ Norma NTE INEN 1587:1987. Tubos de hormigón. Determinación de la Resistencia a la Flexión. Método de los tres puntos.
- ✓ Norma NTE INEN 1588:1987. Tubos de hormigón. Ensayo de absorción.
- ✓ Norma NTE INEN 1589:1987. Tubos de hormigón. Método de ensayo de la resistencia hidrostática.
- ✓ Norma NTE INEN 1590:1987. Tubos y accesorios de hormigón. Requisitos.

2.4. RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



2.4.1. TUBERÍAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN¹

La tubería de hormigón es la opción más eficaz, económica y ecológica para las redes de sistemas sanitarios. Su utilización es antigua y ha sido mejorada con el transcurso del tiempo. Se han obtenido resultados ampliamente satisfactorios, debido a su simplicidad y sencillez, además es cada vez más notorio su reducido impacto medioambiental.

A continuación se señalan ciertas bondades de las tuberías de hormigón:

- ✓ Soportan mejor las cargas exteriores de tierras y tráfico.
- ✓ Proporcionan impermeabilidad a las paredes.
- ✓ Resisten mejor a las posibles presiones interiores.
- ✓ Los tubos se adaptan mejor a los movimientos de terreno, además aumentan la estanqueidad de la red.

¹ Biblioteca y publicaciones. Manual ATHA (Asociación Española de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado).

- ✓ Son muy durables, prueba de ello es que existan conducciones de hormigón armado con más de 75 años sin ningún deterioro de las tuberías.
- ✓ Con el paso de tiempo presentan mejora de las condiciones de resistencia e hidráulica ya que en ellas se produce una circulación permanente de aguas, limpias o negras.
- ✓ Tienen libertad de diseño según demandas específicas de uso, permitiéndole responder satisfactoriamente a: sobrecargas fijas y móviles, así como también a la agresividad del terreno y de los afluentes.
- ✓ Poseen resistencia a esfuerzos dinámicos.

El hormigón es un material que se ha adaptado excelentemente a las necesidades requeridas con el paso del tiempo, proporcionando productos de alta calidad. En condiciones normales de exposición, el hormigón tiene una larga vida útil, a pesar de no ser completamente indiferente a la acción química o al deterioro físico.

La durabilidad o expectativa de vida, de algunos materiales empleados en la fabricación de tuberías, es difícil de predecir, ya que están sometidos a la naturaleza variable del clima, el terreno, la geología, las impurezas del fluido que transporta, los materiales de construcción y su propio proceso constructivo.

2.4.1.1. PROPIEDADES DE LOS TUBOS DE HORMIGÓN²

Las propiedades de la tubería de concreto que pueden influir en su durabilidad son: la resistencia a la flexión, la densidad, la absorción, la proporción agua / cemento, el contenido de cemento, el tipo de agregado y la alcalinidad.

Resistencia a la flexión.- Se relaciona con consideraciones estructurales y no de durabilidad, dependiendo ésta del diseño del concreto, tipo de cemento, agregados, proceso de fabricación.

Densidad.- Se pueden obtener altas densidades con una mayor consolidación del concreto y/o un mayor peso específico de agregados, aunque esto último no asegura el mejoramiento de la durabilidad del concreto.

² Tubos de concreto: Los mejores hoy, aún mejores mañana. Revista Cemento

Absorción.- Es un indicador de la porosidad del concreto, con lo que se puede asegurar la calidad de los tubos de drenaje.

Está influenciada por la absorción de los agregados y características del proceso de fabricación.

Proporción agua / cemento.- Las relaciones agua / cemento con que se producen las tuberías de hormigón prefabricadas son muy bajas. Por lo general tienen un asentamiento de cero.

Tipo de cemento.- Pueden ser cemento Portland, o Portland puzolánico. También se consideran las cenizas volantes como material cementante y se las puede utilizar en combinación con el cemento Portland.

Agregados.- Deben cumplir las normas NTE INEN 1590, excepto la granulometría que será definida por el fabricante. Se debe evaluar cuidadosamente la fuente de los agregados para prever posibles inconvenientes futuros.

Alcalinidad.- Es la medida de reactividad de la masa de hormigón, relacionada directamente con el tipo de cemento Portland y los agregados, de quienes depende la resistencia de la tubería a los medios ácidos.

2.4.1.2. USOS DE LOS TUBOS DE HORMIGÓN³

Entre los usos más comunes que tienen las tuberías de hormigón se encuentran:

- ✓ Sistemas de saneamiento por gravedad.
- ✓ Sistemas de saneamiento a baja presión.
- ✓ Sistemas de drenaje.
- ✓ Sistemas de riego.
- ✓ Abastecimiento a baja presión.
- ✓ Usos industriales específicos.
- ✓ Conducción de instalaciones.

³ Biblioteca y publicaciones Manual ATHA (Asociación Española de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado).

2.4.1.3. CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN CUMPLIR LA TUBERÍA DE HORMIGÓN SEGÚN NORMAS INEN.

REQUISITOS GENERALES DE MATERIALES, PROCESOS Y ACABADOS

Los materiales considerados en la fabricación de tuberías son: cemento, áridos, agua y aditivos.

El cemento debe ser Portland según norma INEN 152 o 1548, además no debe ser menor que 350 Kg/m^3 en la mezcla de hormigón a emplearse en la tubería. Los áridos deben cumplir la norma INEN a excepción del requisito de gradación.

El agua debe estar limpia y sin sustancias que afecten la resistencia del hormigón. Los aditivos pueden ser seleccionados por el fabricante.

En cuanto al acabado de las tuberías y sus accesorios, se contempla que las grietas superficiales no sean de longitudes mayores a 5 cm, ni atraviesen sus paredes. Así como también, deben unirse correctamente y tener una superficie interior uniforme, reduciendo los escapes y la infiltración a un mínimo.

Además, cada tubo debe llevar en uno de sus extremos su rotulado que consta de: la marca de fábrica, la fecha de fabricación, el diámetro interno nominal, la clase del tubo y la norma INEN de referencia.

RESISTENCIA HIDROSTÁTICA⁴

Cuando se diseña una red de saneamiento, por lo general no debe estar sometida a presiones internas, pero debido a que puede haber variaciones de caudal u obstrucciones de alguna tubería, es preferible ensayar las tuberías a una presión hidrostática como prueba de que el elemento resistirá las presiones internas que puedan presentarse.

⁴ NORMA NTE INEN 1589

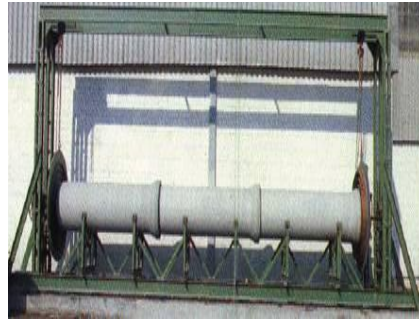


Figura 1. Ensayo hidrostático de tuberías

Fuente:

http://www.construmatica.com/construpedia/Condiciones_de_Aceptabilidad_de_los_Tubos_de_Hormig%C3%B3n_Armado

Se utilizan en este ensayo, el aplicador de carga (que puede ser mecánico o manual que registre hasta un valor máximo de 100 KPa en intervalos no mayores de 5 KPa) y los tapones obturadores (que no permita fugas).

El procedimiento consiste en sellar los extremos del tubo y llenarlo lentamente con agua, eliminando el aire en su interior. Luego se eleva gradualmente la presión dentro del tubo a 70 KPa en un minuto y se mantiene esta presión por 10 minutos. Nuevamente se eleva uniformemente la presión hasta el valor especificado. Finalmente se observa si hay fugas a través de las paredes del tubo.

Si la superficie aparece húmeda o con manchas de humedad se debe extender el ensayo por 24 horas. Al finalizar este período de tiempo, si la humedad ha desaparecido, se da por concluido el ensayo cumpliendo con la norma.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN. MÉTODO DE LOS TRES APOYOS⁵

Para determinar la resistencia al aplastamiento de los tubos de hormigón, se realiza el ensayo de los tres apoyos.

Mediante este ensayo se clasifican las tuberías según sus resistencias, con el que se obtienen las cargas de: rotura para hormigón simple, fisuración y de rotura para hormigón armado.

⁵ NORMA NTE INEN 1587

El ensayo consiste en colocar el tubo sobre dos apoyos paralelos que se extienden a lo largo del tubo y se les aplica una carga vertical de compresión a través de un tercer apoyo o viga en la parte superior del tubo, paralelo a los apoyos inferiores y de igual longitud a ellos.



Figura 2. Ensayo de aplastamiento

Fuente:

http://www.construmatica.com/construpedia/Condiciones_de_Aceptabilidad_de_los_Tubos_de_Hormig%C3%B3n_Armado

Como requisito esencial, los equipos y aparatos para pesar o medir deberán haber sido adecuadamente calibrados según normas INEN 1590.

Tabla 1. Requisitos físicos y dimensionales para tubería de hormigón simple

Diámetro Nominal Interno (mm)	CLASE 1		CLASE 2		CLASE 3	
	Esp. Min. de par. (mm)	Resis. Mín. a la Rot. kN/m	Esp. de pared Min. (mm)	Resis. Mín. a la Rot. kN/m	Esp. de pared Min (mm)	Resis. Mín. a la Rot. kN/m
100	20	22	22	29	30	35
150	20	22	22	29	30	35
200	20	22	22	29	30	35
250	22	23,5	25	29	40	35
300	25	26,5	35	33	50	38
350	27	27	37	37	50	40
400	35	30	42	40	50	44
450	38	32	50	44	60	48
500	42	33	53	46	60	50
550	45	36	60	50	72	60
600	54	38	75	52,5	85	64
675	82	41	94	57,5	94	67
700	84	42	100	59	100	68
750	88	44	107	63	107	69,5
800	90	45	110	63,5	110	70
900	100	48	119	65,5	119	73
975	106	52	123	67	123	75
1 000	110	54	125	69	125	78

Fuente: Norma INEN 1590

La tabla 1 muestra la clasificación de las tuberías de hormigón simple debido a la resistencia mecánica y el espesor de la pared medida por el ensayo de los tres apoyos, se clasifican en clase 1, 2, 3 como resistencia normal, intermedia y extra.

ABSORCIÓN⁶

La absorción es la medición en porcentaje del aumento de masa del hormigón por su inmersión en el agua. Este ensayo se realiza empleando una muestra o núcleo extraído de la pared de la tubería que primero se somete a un proceso de secado y luego al de inmersión para determinar la absorción de agua del espécimen.

Existen dos procedimientos según la norma INEN 1588: El método A que dura de 3 a 6 días y el método B que requiere alrededor de un día y medio para completarse.

⁶ NORMA NTE INEN 1588



Figura 3. Obtención de muestras de hormigón

Fuente: <http://www.tubofabrega.es/TUBOFABREGA/hav.htm>

Se considera que el tubo cumple con el requisito de absorción cuando la muestra ensayada por el método A sea menor del 9% y del 8,5% por el método B.

ESTANQUEIDAD⁷

En los casos de tuberías a las que se dificulta hacer el ensayo de presión hidrostática, se realiza la prueba de estanqueidad. Dicha prueba consiste en colocar la tubería de forma vertical con el espigo contra una superficie lisa y plana, para luego sellarlas en su parte inferior y llenarlas de agua.



Figura 4. Ensayo de estanqueidad

Fuente: <http://www.tubofabrega.es/TUBOFABREGA/hav.htm>

Se observa la superficie exterior de la tubería por 24 horas para ver si presenta humedad en sus paredes. Luego se puede extender este tiempo hasta 72 horas para asegurarse de que no existan filtraciones en ninguna sección de la tubería.

⁷ NORMA NTE INEN 1590

2.4.2. PRENSAS VIBRO - COMPACTADORAS⁸

Las prensas vibro –compactadoras, son generalmente instaladas en fosos bajo tierra para reducir ruidos y aislar las vibraciones.

El moldeo se efectúa sobre una arandela base o soporte, que conforma el extremo hembra del tubo y que está fijada hidráulica o mecánicamente al molde o camisa intermedio.



Figura 5. Máquina para tubos de hormigón Vifesa K-100

Fuente: <http://roessan.cl/camahueto/>

Una vez llenado el molde de hormigón y vibrado, se comprime mediante un anillo de compactación giratorio y oscilante, que está accionado por una prensa hidráulica.

La vibración de alta frecuencia es interna, es decir, el eje del núcleo está dotado de un vibrador central fijado al mismo por un dispositivo hidráulico o mecánico. Normalmente se regula la amplitud y la frecuencia según el diámetro, longitud y tipo de la pieza a fabricar. Las últimas máquinas ofrecen además procedimientos que permiten una regulación de la vibración según la altura de relleno en el molde.

El molde intermedio y la arandela base van aislados de la máquina para que las vibraciones actúen sólo sobre la pieza a moldear.

Los tubos se desmoldan en fresco, transportándolos inmediatamente sobre la arandela base que se retira una vez que se ha endurecido el hormigón del tubo.

⁸ Biblioteca y publicaciones Manual ATHA (Asociación Española de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado).

Previamente se dispondrán sobre el extremo macho de los tubos unos anillos concéntricos o sombreretes que sirven para evitar deformaciones.



Figura 6. Desmolde de tubos

Fuente: http://www.atha.es/atha_archivos/manual/index.html

Los moldes requeridos por estas máquinas deben tener una resistencia y rigidez suficientes para soportar sin asientos ni deformaciones los esfuerzos de compresión, vibración y torsión. También deben de incorporar tratamientos superficiales para evitar el desgaste por abrasión. Asimismo, tienen que ser suficientemente estancos para impedir pérdidas apreciables de lechada, a la vez que permiten la evacuación del aire ocluido para evitar las deformaciones por succión o durante el desmolde.

Los elementos de moldeo (arandela base, molde exterior e intermedio y prensa compactadora) deben estar, en cada ciclo, limpios, sin incrustaciones y debidamente lubricados.

Las prensas más modernas incorporan para mejorar el desmolde dispositivos que permiten el giro de las arandelas, además de núcleo de vibración rotativo, moldes con dispositivos hidráulicos para la fijación de las armaduras en su posición de hormigonado y dispositivo superior para la formación del enchufe para mejorar el acabado y perfilado.

El rango de fabricación habitual de este tipo de máquinas comprende desde un diámetro de 300mm hasta diámetro de 3000mm y una longitud de hasta 2500mm.

Algunas de las ventajas características de este tipo de máquina son:

- ✓ Alta compactación del hormigón debido a una excelente vibración.

- ✓ Espesores de pared uniformes, recubrimiento total de las armaduras y superficies interiores del tubo perfectamente lisas.
- ✓ Producción de tubos de diferentes secciones (circular, ovoides, etc.).

Algunas desventajas son:

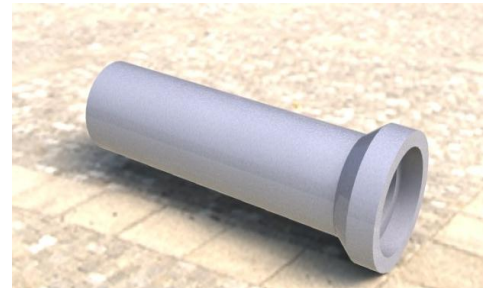
- ✓ Se requiere un cuidado extremo de las condiciones de fabricación para poder obtener tubos de la misma longitud.
- ✓ En las prensas de rangos hasta diámetros de 1500mm, al extraerse el tubo fresco directamente de la máquina sin la camisa o molde exterior, pueden producirse deformaciones en el proceso de transporte interno previo a su fraguado.

2.4.3. FABRICA “SAN JACINTO”

Dirección: Barrio Santa Clara, Izamba, Ambato, Tungurahua.

Gerente / Propietario: Segundo Amancha.

La Fábrica “San Jacinto” nace en 1982, en aquellos años se fabricaban los tubos de concreto de diámetros pequeños a pie de obra. Se usaban moldes fijos, sin vibración y se compactaban con pisones manuales siendo así un proceso de producción con gran desgaste físico del obrero sin brindar las garantías necesarias para el cliente.



Poco a poco empezó a aumentar la demanda, pasando por diversas etapas de evolución las máquinas de fabricación de tubos, hasta que el año 2002 se instaló la planta fija mecanizada, con el aporte de la máquina de vibro - compactación, mezcladora de turbina y la dotación de infraestructura para el cuidado de dicha maquinaria y además se lleve un proceso adecuado de producción. El objetivo de la producción fue puramente cuantitativo. Los procesos precisan del empleo intensivo de mano de obra.

La Fábrica “San Jacinto” tiene el propósito de contribuir a la creciente demanda en el sector de la construcción, sistemas de riego y salubridad tanto para alcantarillados sanitarios y pluviales. Está en el mercado de la construcción, siempre buscando la satisfacción de sus clientes a través de la innovación.

MISIÓN: Proveer soluciones al mercado de la construcción de manera rentable, satisfaciendo siempre las necesidades del cliente en variedad, cantidad y precios, con productos y servicios de óptima calidad en convivencia armoniosa con la sociedad y el medio ambiente.

VISIÓN: Mantener una posición competitiva y de liderazgo en el sector, buscando constantemente el desarrollo de nuevos productos y aplicaciones. Además maximizar la generación de la inversión manteniendo una política de calidad y respeto al medio ambiente y procurando un entorno de máxima seguridad laboral.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA TUBERÍA DE HORMIGÓN

1. Se fabrican tubos de hormigón desde 100 mm hasta 600 mm de diámetro interior.
2. Largo útil de 1 m.
3. De tipo campana.
4. Para junta rígida.
5. De hormigón

Los tubos son fabricados combinando dos factores de gran importancia: vibración de alta frecuencia y presión oleohidráulica, en maquinaria moderna diseñada estrictamente para tubos lo que asegura gran resistencia a la compresión y a la impermeabilidad.

Los componentes tales como áridos, cemento, agua, son seleccionados también de acuerdo a normas, así también la granulometría y el diseño del hormigón, de esa manera se garantiza la calidad del tubo.

La fábrica dispone de una central hidráulica equipada con un motor de 7.5 HP, bomba hidráulica de 15GPM de caudal, motores eléctricos de 3 HP para el sistema de vibrado. Obteniendo de esta manera condiciones para fabricar tuberías especiales que indique el cliente.

En la fabricación de prefabricados de hormigón no solo es importante el tipo de maquinaria que se utiliza, también es de suma importancia la calidad del hormigón.

Por eso la Fábrica “San Jacinto” se provee de una mezcladora de turbina a régimen forzado que es el complemento preciso para lograr los mejores resultados.

PRODUCTOS OFERTADOS

A más de producir tubos de hormigón simple para alcantarillados sanitarios o pluviales, la Fábrica “San Jacinto” también produce postes para cercos, bloques, canales de riego. Siendo los tubos el producto más importante de la empresa por su demanda.

Tabla 2. Detalle de los productos que ofrece la empresa

DIMENSIONES DEL TUBO DE CONCRETO						
Tamaño nominal (Diámetro interior) D (mm)	Espesor de las Paredes E (mm)	Longitud del tubo L (mm)	Diámetro interior de la campana Di (mm)	Profundidad de la campana Pc (mm)	Espesor de la campana Ec (mm)	Longitud útil Lu (mm)
150	32,5	1020	225	35	30	985
200	35	1020	280	60	40	960
250	35	1040	350	50	40	990
300	40	1040	400	65	40	975
400	40	1030	500	60	40	970

Fuente: Autor

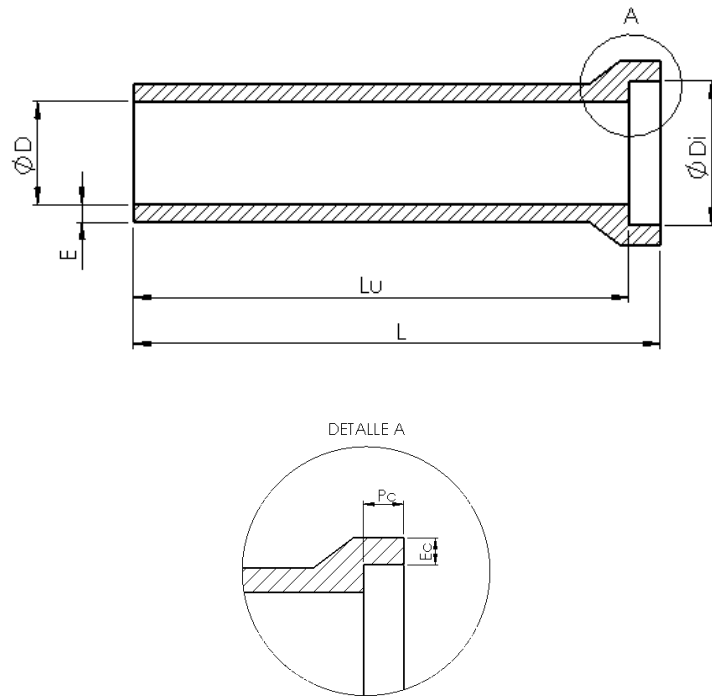


Figura 7. Dimensionamiento de tubos “San Jacinto”

Fuente: Autor

2.4.4. MÉTODO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE CONCRETO

El proceso de fabricación de los tubos se inicia con la adecuada selección de los proveedores de áridos y cemento a los que generalmente se les exigen productos de calidad.

El agua empleada en la fabricación es generalmente libre de los componentes nocivos para el concreto o para las instalaciones.

Las instalaciones para la mezcla del concreto se basan habitualmente en la mezcladora tipo turbina, ya que esta brinda buena calidad de mezclado requerido para el trabajo, debido a las características de materiales a utilizar para la fabricación de prefabricados de hormigón.



Figura 8. Mescladora de turbina

Fuente: http://www.ital.com.mx/equipos.html#gpm1_9

El concreto preparado se transporta a las máquinas moldeadoras manualmente con la ayuda de carretillas y palas.

El molde de fabricación de tubos debe ser fabricado de acero rígido, en él es depositado el concreto donde se incorporarán las arandelas o soportes base sobre los que se moldea el tubo de hormigón armado.

La instalación fundamental es la prensa vibro - compactadora. En la actualidad se ha impuesto las prensas que moldean el tubo en posición vertical, estando en desuso las máquinas centrifugadoras de eje horizontal. Sin embargo, siguen utilizándose máquinas centrifugadoras para la producción de tubos de presión.

Han quedado también obsoletos los procedimientos de fabricación basados en moldes verticales fijos, que emplean concreto fluido y vibradores exteriores. No obstante, estos procedimientos siguen persistiendo principalmente en la producción de tubos de gran diámetro o de tubos especiales.

DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TUBOS DE HORMIGÓN.

La secuencia de los procesos que se operan para la fabricación de los tubos de hormigón es la siguiente:

En primer lugar se tienen que definir las proporciones exactas de cada uno de los componentes del concreto, con el propósito de garantizar que los tubos tengan las propiedades adecuadas. La proporción más conveniente de cemento, agua y agregados depende de varios factores como el tipo de cemento, la granulometría de

los agregados, la humedad en el ambiente, el tipo de producto a fabricarse, la maleabilidad deseada del concreto y la resistencia requerida del producto terminado, entre otros. Por esto, cada fabricante suele definir su fórmula de manera experimental, tomando en cuenta todos los factores ya mencionados. Las proporciones que suelen emplearse para la fabricación de tubos en la Fábrica “San Jacinto” aparecen en la siguiente figura:

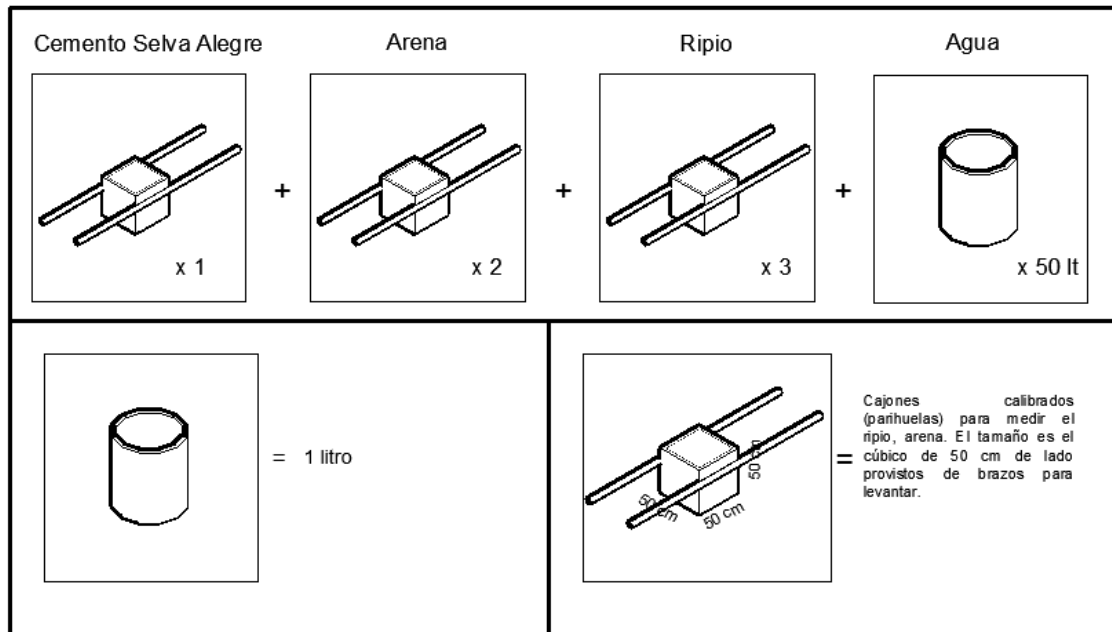


Figura 9. Dosificación del concreto para tubos

Fuente: Fábrica “San Jacinto”

Debido al grado de humedad de los agregados ya sea la arena o el ripio la proporción del agua puede variar. La corrección de la mezcla se procederá de la siguiente manera:

1. Si la arena esta húmeda y el ripio seco, se disminuya 2 litros de agua.
2. Si los dos materiales están húmedos, disminuya 4 litros de agua.
3. Si no se consigue la consistencia adecuada del concreto se agrega paulatinamente agua hasta obtener una masa conveniente.

Seguidamente se debe colocar el aro o arandelas base que deben estar debidamente lubricadas para que se pueda ubicar en el interior del molde y además facilitar la remoción del mismo cuando ya esté fraguado dicho tubo, siendo la parte donde se va

a moldear la tubería, en segunda instancia se debe prever que la parte intermedia del molde este al mismo nivel del piso para que exista una compresión homogénea.



Figura 10. Arandela base lubricada **Figura 11.** Intermedio del molde al nivel del piso

Fuente: Fábrica “San Jacinto”

Sistema de mezclado.- Los agregados y el cemento se colocan en la olla de la mezcladora, el motor a través de una reducción con dos juegos de bandas y una transmisión cono - corona dota de movimiento al eje con las paletas, se espera un tiempo de mezclado en seco para que exista una buena mezcla entre los materiales con el cemento y se agrega agua, cuando la mezcla este homogénea, se abre la compuerta de la mezcladora y el material se vierte en el piso.

Después de colocar la mezcla en el piso se procederá a colocar el hormigón en el molde por medio de palas y carretillas.

Sistema de vibración.- El sistema de vibración actúa en dos etapas muy definidas en primer lugar se emplea en un intervalo de tiempo reducido para acomodar el volumen de material adecuado permitiendo así homogeneidad en la longitud de la tubería. Y en segunda instancia después de retirar manualmente el excedente de hormigón se dota de vibración que actúa en el mismo instante que la compresión (vibro - compactación). Este sistema está dotado de dos motores que giran en un eje con excéntricas realizando el vibrado de la mesa y el molde.



Figura 12. Sistema de vibro – compresión

Fuente: Fábrica “San Jacinto”

Sistema de compresión.- Este sistema es accionado manualmente por un cilindro hidráulico el cual acciona el anillo de compactación giratorio (apisonador) que compacta la mezcla en el molde; así mismo se debe considerar el efecto de la gravedad por el peso del hormigón para este sistema.



Figura 13. Anillo de compactación giratoria

Fuente: Fábrica “San Jacinto”

Sistema de desmolde.- El desmolde se lo realiza después que la mezcla es vibro - compactada, el desmolde se acciona por un cilindro hidráulico que está conectado a un cilindro metálico enlazado a través de un eje que sincroniza el movimiento del molde intermedio. El sistema hidráulico está compuesto por una central hidráulica con reservorio, motor, bomba, mangueras de presión y cilindros hidráulicos.



Figura 14. Desmolde de tubo

Fuente: Fábrica “San Jacinto”

Transporte.- Al efectuarse el desmolde se coloca ligas de caucho en la parte superior es decir en la campana para que no existan deformaciones así como en la parte inferior del tubo. Seguidamente se coloca al espécimen fabricado en la canastilla transportadora para ser transportada al área de fraguado.

El transporte debe ser cuidadoso ya que la mezcla aún se mantiene húmeda y puede sufrir daños si tiene algún tipo de impacto con cualquier objeto sólido. El piso donde se deposita debe ser una superficie plana y firme, que permita seguir el proceso de fabricación de una manera apropiada.



Figura 15. Colocación en la canastilla de transportación y previa transportación

Fuente: Fabrica “San Jacinto”

Inspección.- En este momento se mide el diámetro y la altura del tubo y se evalúa visualmente, si presentan ranuras o defectos se deben retirar de la arandela base y devolver el material a la mezcladora para reutilizarlo.

Fraguado y curado.- Los tubos recientemente fabricados dotados de la arandela base deben llevarse a un lugar cubierto donde se dejan fraguar hasta que lleguen a una resistencia suficiente para ser manipulados (entre 8 y 24 horas).

El curado consiste en reponer el agua que se pierde por evaporación mediante el regado periódico sobre el hormigón, aconsejándose hacerlo el primer día en las horas de mayor incidencia solar, durante la tarde, y los 6 días siguientes por la mañana y las últimas horas de la tarde. Se aconseja seguir regando del 7mo al 15vo día únicamente por la mañana.



Figura 16.Área de fraguado y curado

Fuente: Fabrica “San Jacinto”

Almacenamiento o entarimado.- Después del período de endurecimiento inicial o fraguado, se retiran las arandelas base del tubo y se los coloca en apilamientos dependiendo su diámetro, los tubos se colocan parados alternadamente una campana arriba y la otra abajo, dejando espacios de unos 2 centímetros entre ellos para que circule el aire. Después prosigue el proceso de curado.



Figura 17.Almacenamiento de tubos de hormigón

Fuente: Fabrica “San Jacinto”

Finalmente su última etapa es la comercialización. Para el efecto se tienen camionetas destinados al traslado de las piezas producidas hacia su consumidor final.



Figura 18.Comercialización de tubos

Fuente: Fabrica “San Jacinto”

2.4.5. VIBRACIÓN⁹

Con la vibración se obtiene un mejor asentamiento del material. Se utiliza excéntricas, las mismas que al rotarlas producen este proceso. Es el procedimiento más eficaz para conseguir una buena compactación sin tener que recurrir a altas dosificaciones, más costosas.

⁹ DSpace at Universia. Tecnología del hormigón. Obtenida el 12 de Enero del 2012, de <http://dspace.universia.net/bitstream/2024/644/1/4791944-Tecnologia-del-Hormigon.pdf>

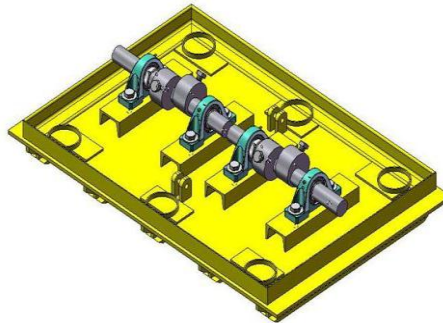


Figura 19. Mesa vibratoria

Fuente: Autor

Debe destacarse que un exceso de vibración puede provocar la segregación de los materiales, haciendo subir los finos, es decir la lechada de cemento hacia la superficie y enviando los agregados gruesos hacia abajo. Esto convierte al hormigón en una masa heterogénea y con distintas características, inclusive de resistencia en diferentes puntos de la estructura.

2.4.5.1. Importancia del Vibrado en la Compactación de la Mezcla

La realización de la compactación del hormigón por vibración, tiene dos ventajas primordiales: compactación y ausencia de poros, lo que conduce a la obtención de mayor resistencia mecánica, disminución de la permeabilidad, mayor densidad, tendencia reducida a la contracción y economía de cemento, esta última ventaja es muy importante ya que de todos los materiales constituyentes del hormigón, el cemento es el más caro; el hormigón vibrado permite economizarlo hasta un 20%, en relación a las dosificaciones usuales. La vibración permite dar distinta granulometría a los hormigones, el trabajo de compactación que realiza permite la consolidación de hormigones de áridos gruesos, que ningún otro procedimiento es capaz de asentar.

2.4.5.2. Amplitud y Frecuencia de la Vibración

La amplitud y frecuencia del vibrado puede ser de baja o alta frecuencia. Se considera de baja frecuencia el valor de 3000 vibraciones por minuto, cuando la frecuencia es superior a este valor se considera dentro del campo de alta frecuencia, con lo cual se logra un aumento progresivo de la capa asentada y la vibración es de poca intensidad, consiguiéndose mayor eliminación de porosidad y por lo tanto una masa de hormigón bastante buena. La vibración de baja frecuencia se caracteriza por

una gran intensidad, que obliga al empleo de mezclas con una relación agua - cemento superior lo que resulta desventajoso por las razones ya anotadas.

La técnica y aplicación de la vibración es un campo más bien experimental, pero en general podría decirse que: frecuencias bajas con altas amplitudes son más eficaces para asentar las partículas mas grávidas pero el tiempo de vibrado es mayor, lo contrario sucede con frecuencias altas y con amplitudes bajas que resultan más ventajosas para hormigones con áridos grandes.

2.4.5.3. Tiempos de Duración del Vibrado y Compresión de la mezcla

El tiempo de duración del vibrado depende de la granulometría del árido, porcentaje de cemento, tipo de estructura del árido, etc. Otro parámetro importante en la duración del vibrado es la frecuencia, pues en general el tiempo de vibrado disminuye mientras más alta es la frecuencia. Un aspecto muy importante es la duración de vibrado en la tecnología de los hormigones pues un exceso de tiempo da lugar a efectos de sobrevibración.

2.4.6. COMPRESIÓN

Como se dijo anteriormente, la duración del vibrado puede disminuirse aumentando la frecuencia, sin embargo esto a veces no es suficiente siendo necesaria en ese caso la compresión simultánea de la mezcla (vibro - compresión). La vibro - compresión o vibro - compactación permite obtener productos con mejor compactación, por lo tanto mayor resistencia y buen acabado exterior, producto de la homogeneidad de la masa compactada.

2.4.7. UNIDAD HIDRÁULICA¹⁰

Al término "Hidráulica", se le atribuye el significado de transmisión y control de fuerzas y movimientos por medio de líquidos. Es decir, se utilizan los líquidos para la transmisión de energía. En la mayoría de los casos se trata de aceite mineral pero también pueden ser líquidos sintéticos, agua o una emulsión aceite - agua.

¹⁰ <http://html.rincondelvago.com/laboratorio-de-potencia-fluida.html>



Figura 20. Central hidráulica

Fuente:<http://pichinchacity.olx.com.ec/pictures/unidades-hidraulicas-iid-83785480>

Características especiales que destacan a la Hidráulica:

- ✓ Grandes fuerzas o momentos de giro, producidos en reducidos espacios de montaje.
- ✓ Las fuerzas se gradúan automáticamente a las necesidades.
- ✓ El movimiento puede realizarse con carga máxima desde el arranque.
- ✓ Regulación continua de la velocidad, momento o fuerza.
- ✓ Protección simple contra sobrecargas.
- ✓ Útil para movimientos rápidos controlados, así como para movimientos de precisión
- ✓ La vida útil de un sistema hidráulico es más prolongado que la de un sistema neumático.

2.4.8. MOTOR ELÉCTRICO¹¹

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores.

¹¹ <http://www.emagister.com/curso-mantenimiento-industrial-3-3/motores-electricos>

Principio de funcionamiento

Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.



Figura 21. Diversos motores eléctricos

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_el%C3%A9ctrico

2.4.9. BOMBA HIDRÁULICA¹²

Una bomba hidráulica es un dispositivo tal, que recibiendo energía mecánica de una fuente exterior (motor eléctrico), la transforma en una energía de presión transmisible de un lugar a otro a través de un líquido cuyas moléculas están sometidas precisamente a esa presión.

¹² http://www.sitenordeste.com/mecanica/bomba_hidraulica.htm



Figura 22. Bombas hidráulicas

Fuente: <http://members.fortunecity.es/100pies/mecanica/hidraulicabombas.htm>

Se dice que una bomba es de desplazamiento negativo cuando su órgano propulsor no contiene elementos móviles; es decir, que es de una sola pieza, o de varias ensambladas en una sola. Las bombas de desplazamiento negativo son las que desplazan una cantidad variable de líquido dependiendo de la presión del sistema. A mayor presión menor cantidad de líquido desplazará.

Se dice que una bomba es de desplazamiento positivo, cuando su órgano propulsor contiene elementos móviles de modo tal que por cada revolución se genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, independientemente de la contrapresión a la salida. Las bombas de desplazamiento positivo son las que desplazan una cantidad constante de líquido, independientemente de la presión del sistema.

En la mayoría de las bombas la sección del orificio de admisión es mayor que el de presión. En ningún caso debe disminuirse por razones de instalación o reparación el diámetro nominal de estas conexiones.

2.4.10. CILINDROS HIDRÁULICOS¹³

En los sistemas hidráulicos la energía es transmitida a través de tuberías. Esta energía está en función del caudal y la presión del aceite que circula en el sistema.

Una de las características destacables de los sistemas de potencia fluidos es que la fuerza, generada por la fuente, controlada y dirigida por válvulas convenientes, y

¹³ http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica22.htm

transportada por las líneas, puede ser convertida fácilmente a casi cualquier clase de movimiento mecánico deseado en el lugar que sea necesario.

Un cilindro hidráulico es un dispositivo que convierte la potencia fluida a lineal, o en línea recta, fuerza y movimiento. Puesto que el movimiento lineal es un movimiento hacia adelante y hacia atrás a lo largo de una línea recta, este tipo de actuadores se conoce a veces como motor recíproco, o lineal. La presión del fluido determina la fuerza de empuje de un cilindro, el caudal de ese fluido es quien establece la velocidad de desplazamiento del mismo. La combinación de fuerza y recorrido produce trabajo, y cuando este trabajo es realizado en un determinado tiempo produce potencia. Ocasionalmente a los cilindros se los llama "motores lineales".



Figura 23. Cilindros hidráulicos doble efecto

Fuente: <http://www.daniluk.com.ar/daniluk/cilindros.html>

2.5. HIPÓTESIS

Al automatizar la prensa vibro – compactadora, la Fábrica “San Jacinto” en la parroquia Izamba, mejorará los niveles de producción de tubos de hormigón y se logrará una mejor resistencia a la flexión, densidad, absorción, durabilidad, permeabilidad así como también una disminución de tiempos de producción.

2.5.1. UNIDADES DE OBSERVACIÓN DE ANÁLISIS

Tabla 3. Unidades de observación y análisis

Empresas constructoras de materiales de construcción	8
Estudio de técnicas para construcción de tubos de hormigón.	
Consumidores	300
Tipos de productos a elaborar	
Proveedores de materia prima	12
	320

Fuente: Autor

2.5.2. VARIABLES

2.5.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Automatización de la prensa vibro – compactadora.

2.5.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Niveles de producción de tubos de hormigón.

2.5.3. TÉRMINO DE RELACIÓN

Mejorará

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE

En la presente investigación predomina lo cualitativo de lo cuantitativo, debido a que la técnica de elaboración de tubos de hormigón se basa en el cumplimiento de estándares nacionales e internacionales, tabulados de acuerdo a datos de tablas normalizadas en cuanto a utilización de materiales de construcción de concreto.

Mientras que con el enfoque cuantitativo, se destacarán los resultados que se obtuvieron de las pruebas en los lugares afines al tema del proyecto a investigar.

3.2. MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. MODALIDAD

Contaran los siguientes tipos de investigación:

- ✓ **De campo.-** Refiriéndose a que son estudios que se realizaron en situaciones que se puede palpar en forma directa los hechos, permitiendo generalizar los resultados con mayor libertad a una situación en particular, como son:
 - El proceso de fabricación de tubos de hormigón en la Fábrica “San Jacinto”.
 - Pruebas ensayadas en el Laboratorio de Ensayos de Materiales “Estudios Especializados”.

- ✓ **Bibliográfica.-** La investigación está sustentada básicamente en la recolección de información acerca del tema propuesto en lo que son textos, catálogos, revistas, internet con la finalidad de tener los instrumentos apropiados para la correcta elaboración de la investigación.
- ✓ **Experimental.-** Mediante esta investigación se pudo manipular la prensa vibro – compactadora automática y observar los efectos que esta produce sobre la producción de tubos de hormigón, con lo cual se determinó la validez del estudio realizado. Mediante el cual se cumplió los objetivos planteados.

3.2.2. TIPO

La presente investigación se basó en los siguientes tipos:

- ✓ **Exploratoria.-** Se exploró el problema a fin de desarrollar una base de investigación acerca de una prensa vibro – compactadora de tubos de hormigón y su producción, desarrollando múltiples hipótesis que nos llevaron a una sola, definiendo una solución de la misma.
- ✓ **Descriptiva.-** Se refirió a este tipo, debido a que se determinó las ventajas que conlleva el mejoramiento de la prensa vibro – compactadora de tubos de hormigón, mediante el análisis de la producción, estableciendo las ventajas que acarreo dicho mejoramiento.
- ✓ **Correlación.-** El estudio de asociación de variables se la realizó por que las variables del proyecto están relacionadas entre sí, debido a que la prensa vibro – compactadora automática incide en la producción de tubos de hormigón. Llegando así a un fin común que es la de resolver el problema planteado.
- ✓ **Explicativa.-** Además de documentar todo el desarrollo del proyecto, se explicó de manera detallada el porqué de cada situación, así como su relación, a fin de conocer la estructura y los aspectos dinámicos que intervienen en la misma.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN O UNIVERSO (N)

En la presente investigación se determinó realizar una entrevista, al principal beneficiario del proyecto es decir al Gerente - Propietario de la Fábrica “San Jacinto” el Sr. Segundo Amancha.

Se consideró población a la producción manual y no controlada de tubos de hormigón, debido a que se producían 40 tubos diarios, se determinó conveniente realizar un estudio semanal es decir con una población de 200 tubos de concreto.

3.3.2. MUESTRA (n)

Esta se determinó por un muestreo intencional no probalístico, y se estableció escoger el lote de producción de una semana a fin de que cada elemento de la muestra escogida tenga la misma importancia al momento de analizar los resultados de la ficha de campo.

Para la determinación de la muestra se utilizó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N-1)E^2 + \sigma^2Z^2} \quad \text{Ec. 3-1}$$

Siendo:

n = Muestra

N = Población o Universo

σ^2 = Varianza poblacional (0.25)

Z = Nivel de confianza deseado 90% (1.645)

E = Error admisible de muestra (6%)

$$n = \frac{200 * 0.25 * 1.645^2}{(200 - 1)0.06^2 + 0.25 * 1.645^2}$$

n = 97 tubos

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: Automatización de prensa vibro – compactadora

Tabla 4. Variable Independiente

CONCEPTO	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS INSTRUMENTO	E
Proceso de control de una máquina preparada para fabricar tubos desde 10cm hasta 100cm de diámetro interior y 120cm de longitud total. Son instaladas en fosos bajo tierra para reducir ruidos y aislar las vibraciones. El sistema de mando de la máquina corre a cargo de un PLC quién controla dos factores de gran importancia, vibración y presión, lo que asegura gran resistencia a la rotura e impermeabilidad.	Diámetro	✓ 10cm	¿De qué diámetros se fabrican los tubos?	Entrevista / Cuestionario de la entrevista	
		✓ 15cm			
		✓ 20cm			
		✓ 25cm			
		✓ 30cm			
		✓ 40cm			
		✓ 60cm			
		✓ 100cm			
	Sistema de mando	✓ PLC	¿Qué elemento de control se puede emplear?	Documental / Catálogos, revistas, manuales	
		✓ Micro controladores			
		✓ Discretos	¿Qué tipo de sensores se aplicarán a las prensas vibro - compactadoras?	Documental / Catálogos, revistas, manuales	
		✓ Analógicos			

Tabla 4..... Continuación.

<p>Estas máquinas deben tener una resistencia y rigidez suficientes para soportar sin asientos ni deformaciones los esfuerzos de compresión, vibración y torsión. Además de incorporar tratamientos superficiales para evitar el desgaste por abrasión.</p>		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Motor ✓ Bomba ✓ Electroválvulas ✓ Compresor ✓ Cilindros hidráulicos 	<p>¿Qué actuadores se controlará?</p>	<p>Documental / Catálogos, revistas, manuales</p>
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Baja frecuencia ✓ Alta frecuencia 	<p>¿En qué magnitud de frecuencia debe existir vibración?</p>	<p>Experimentación / Ficha de campo</p>
	Vibración	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Clase I ✓ Clase II ✓ Clase III ✓ Clase IV ✓ Clase V 	<p>¿Cuál debe ser el grado de compactación del tubo?</p>	<p>Documental / Norma</p>
	Presión	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Control de presión 	<p>¿Qué presión se requiere para tener una buena compactación?</p>	<p>Observación / Experimentación</p>

Fuente: Autor

3.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE: Niveles de producción de tubos de hormigón.

Tabla 5. Variable dependiente

CONCEPTO	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS INSTRUMENTO	E
Indicadores de la capacidad de producción de tubos de hormigón. La producción se enfrenta con el desafío de elaborar productos de calidad, alta resistencia mecánica, durabilidad, respetando normas y satisfaciendo así las necesidades del cliente.	Producción	<input checked="" type="checkbox"/> 150 <input checked="" type="checkbox"/> 180 <input checked="" type="checkbox"/> 200	¿Cuántos tubos de hormigón se fabrican semanalmente?	Entrevista / Cuestionario de entrevista	
		<input checked="" type="checkbox"/> Tubos <input checked="" type="checkbox"/> Codos <input checked="" type="checkbox"/> Té	¿Qué accesorios además de los tubos se fabrican?	Entrevista / Cuestionario de entrevista	
Los pasos del procesamiento de un tubo de hormigón son: preparación de la mezcla, llenado del molde, vibro - compactación, desmolde transportación, fraguado y el curado.	Hormigón	<input checked="" type="checkbox"/> Arena <input checked="" type="checkbox"/> Ripio <input checked="" type="checkbox"/> Cemento <input checked="" type="checkbox"/> Aditivos	¿Qué agregados se utiliza para la obtención de hormigón?	Documental / Marco Teórico	
		<input checked="" type="checkbox"/> Quintales <input checked="" type="checkbox"/> mm ³	¿En qué proporción se deben suministrar los agregados para obtener hormigón?	Documental / Norma	
	<input checked="" type="checkbox"/> Normas	<input checked="" type="checkbox"/> Resistencia hidrostática <input checked="" type="checkbox"/> Carga de aplastamiento <input checked="" type="checkbox"/> Absorción <input checked="" type="checkbox"/> Estanqueidad	¿Qué ensayos se debe realizar para verificar la compactación?	Documental/Ficha de campo	

Fuente: Autor

3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información necesaria para el desarrollo del problema propuesto se obtuvo a través de observación directa y estructurada en la Fábrica “San Jacinto”, identificando así los inconvenientes que generaba la producción manual de tubos de hormigón. Los instrumentos utilizados fueron cuaderno de notas, fichas nemotécnicas, registros específicos, fichas de campo. Además se contó con la ayuda de registros específicos realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Estudios Especializados”.

Se realizó una entrevista al Gerente – Propietario de la Empresa quien es la persona más interesada en mejorar la producción de la planta. Utilizando como instrumento de recolección un cuestionario.

La razón principal para la utilización de estas técnicas e instrumentos es que permitieron la recolección de información que fue analizada, tabulada y permitió la obtención de resultados que se encuentran en función de las variables de la hipótesis con su respectiva comprobación, estableciendo conclusiones y recomendaciones para cumplir con los objetivos planteados.

3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Según la muestra se obtuvo un análisis de los resultados de las fichas de campo que contienen la descripción de lo observado, destacando las características más sobresalientes en la producción de tubos de hormigón.

El procesamiento de la información también se basó en la realización de una entrevista estructurada al Gerente – Propietario de la Fábrica “San Jacinto”, que ayudó a obtener información de las necesidades que existe en la misma; pudiendo así resolver el proyecto en base a las principales carencias en cuanto a la producción de tubos de hormigón.

Adicionalmente los datos obtenidos de las guías de observación sirvieron para identificar, determinar y plantear una alternativa de solución.

Así mismo, los resultados que se consiguieron de los ensayos en el laboratorio de Ensayo de Materiales “Estudios Especializados” fueron comparados con la producción antes y después de implementar nuestra alternativa de solución además se compararon con normas nacionales las características de los tubos de hormigón.

3.7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Con los datos efectuados se procedió a realizar la tabulación para una mejor interpretación, luego se realizó las gráficas con los datos obtenidos con el fin de determinar cómo influye la automatización de una prensa vibro - compactadora para mejorar la producción de tubos de hormigón.

La revisión de toda esta información fue con la finalidad de depurar inconsistencias, pues en caso de haberlas se procedió con una nueva toma de datos.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ENTREVISTA REALIZADA AL GERENTE. (Anexo 5)

1. ¿De qué diámetros se fabrican los tubos?

En la Fábrica “San Jacinto” se producen tubos manualmente en los diámetros de 100 y 600mm. Mientras que mecánicamente se produce tubería de 150, 200, 250, 300 y 400mm. La tubería manual no tiene mucha demanda debido a que no ofrece garantías para los clientes dejando de lado dicha producción.

2. ¿Cuál es la producción diaria de tubería de hormigón?

La producción de tubos de hormigón depende de las dimensiones ya que existe una gama amplia de productos ofertados.

La producción diaria de tubos es:

Tabla 6. Producción diaria de tubería de hormigón dependiendo del diámetro.

Diámetro de Tubería (mm)	Producción Diaria (Unidades)
150	60
200	50
250	40
300	35
400	30

Fuente: Fábrica “San Jacinto”

3. ¿En qué nivel se encuentra la demanda de tubos de hormigón?

La demanda actual de tubería de hormigón es de nivel medio debido a la competencia, ya que ofertan productos de menor precio pero también carecen de calidad. Siendo nuestros productos ofertados la diferencia entre las demás fábricas, retribuyendo así la confianza de nuestros clientes.

4. ¿Ha existido ocasiones que no se ha podido satisfacer las necesidades de los clientes en cuanto al aspecto cuantitativo?

En varias ocasiones no se ha podido satisfacer de prefabricados de hormigón debido al crecimiento del sector de la construcción, sistemas de riego y salubridad tanto para alcantarillados sanitarios y pluviales.

5. ¿Los tubos que produce la Fábrica “San Jacinto” cumple con los requisitos que la Norma INEN 1590 exige?

No hemos sometido a pruebas la producción. Además no se ha implementado algunas pautas que indica la Norma INEN 1590

6. ¿Ha tenido usted empleados que han sufrido deficiencias en su salud debido al trabajo?

Deficiencias en la salud por el trabajo no, pero si por la falta de cuidado con la máquinas y las herramientas sin representar mucha gravedad.

7. ¿Cree usted que la implementación de tecnología en la producción de tubos de hormigón traería beneficios a la empresa?

El hecho de invertir en tecnología que realmente represente un avance para la institución siempre será considerado admisible puesto que con ello se estaría ofertando productos con mejor calidad y con mayor producción de la misma. Satisfaciendo de buena manera la demanda existente.

4.1.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE FICHA DE CAMPO (Anexo 6)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA FICHA DE CAMPO			
Ficha de campo:	N°- 01	Objeto:	Tubos de hormigón
Fecha de ejecución:	29/09/2011	Elaborado por:	Amancha F.
Supervisor por:	Ing. Carrillo M.	Lugar de ensayo:	Izamba / Santa Clara
OBJETO DE EVALUACIÓN: DEFICIENCIAS EN TUBERÍA DE HORMIGÓN EN LA FÁBRICA “SAN JACINTO” El muestreo aplicado fue el intencional no probalístico, a fin de que la muestra (97 unidades) tenga considerable importancia al momento de analizar los resultados. El 35% de las unidades observadas presentan porosidad excesiva, pequeñas grietas superficiales de 4 a 5 cm, además se denota la presencia de fisuras que atraviesan sus paredes. En el 5% de la muestra se observa imperfecciones casuales, la mayoría se presenta en los extremos tanto superior e inferior. Otro aspecto muy notorio es la longitud indistinta de la tubería de hasta 15 mm de diferencia. Hay que tomar en cuenta que la tubería observada no presenta el respectivo rotulado que indica la Norma INEN 1590.			
INTERPRETACIÓN / VALORACIÓN:			

4.1.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE REGISTROS ESPECÍFICOS

El presente proyecto además se basó en el análisis de requerimientos de los tubos de hormigón que la Norma NTE INEN 1590 exige como son:

- ✓ Resistencia a la flexión (Norma NTE INEN 1587)
- ✓ Ensayo de absorción (Norma NTE INEN 1588)
- ✓ Permeabilidad o estanqueidad.

Dichos registros específicos se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Estudios Especializados” ubicado en Ambato en la calle Colombia y Av. De las Américas (Sector CICT).



ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

Laboratorio de Ensayo de Materiales, Mecánica de Suelos, Pavimentos, Perforación Pozos de Agua.
 Riobamba: Parque Industrial Calles Antonio Santillán y Bolívar Bonilla. **Telefax:** 2942-083 / 2942-084 / **Cel:** 091349639 / 091351037
 Ambato: Colombia y Av. de las Américas (Sector sede CICT) **Telefax:** 03 2828-170 / **Cel:** 091350082
Email: estudios_especializados@yahoo.com / victorlanga@yahoo.es

INFORMACION GENERAL											
INFORME DE ENSAYOS			INSTITUCION: FABRICA SAN JACINTO			ENVIADOS POR: SEGUNDO AMANCHA			NORMAS: INEN 1586 - 1587 - 1588 1589 - 1590		
REALIZADOS SOBRE: TUBERIA H.S.			PROYECTO: UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO, TESIS			FISCALIZA: X			FECHA DE ENTREGA DE INFORME: octubre 31, 2011		
INFORME No.: ee-T-II-02-OCT-2010			UBICACION: AMBATO - TUNGURAHUA								
CARACTERISTICAS FISICAS											
No.	DIAMETRO (mm)	LONGITUD ENSAYO (cm)	ESPESOR PARED (mm)	CLASE				FECHA FABRICACION			
1	200	88	37	I	II	III	IV	V			
2	200	88	40	X							
3	200	87	37	X							
RESISTENCIA: METODO DE LOS TRES APOYOS											
No.	CARGA ROTURA (kg)	CARGA D (N/m mm)	RESISTENCIA (kg/cm)	Resistencia Especificada	No. ENSAYOS		LONGITUD TUBO (m)	FECHA ENSAYO			
1	1.000	X	1.136,00	2200	1	2	3	28 de octubre de 2011			
2	2.000	X	2.500,06	2200	X		1,05	28 de octubre de 2011			
3	2.000	X	2.296,00	2200	X		1,05	28 de octubre de 2011			
PERMEABILIDAD											
No.	SECCION (mm2)	Masa (g)	SECAO TIEMPO (h)	MASA (g)	TIEMPO (h)	HUMEDAD	RESULTADO	ESPECIFICACION			
1	X	368,60	24	329,45	5	336,60	7,15	0%			
								1,94			
								0%			
No.	TIEMPO INICIAL	HUMEDAD EXTERIOR	TIEMPO	HUMEDAD EXTERIOR	OBSERVACIONES						
1	1 HORA	SI	NO	ADICIONAL							
2	1 HORA	X	24 HORAS	X							
3	1 HORA	X	24 HORAS	X							
		X	24 HORAS	X							
		X	24 HORAS	X							
FIRMA Y SELLO											
ESPECIFICACIONES:										RESPONSABLE TECNICO	

Figura 24. Registros específicos de ensayos a tubería de 200mm
 Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales “Estudios Especializados”



ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

Laboratorio de Ensayo de Materiales, Mecánica de Suelos, Pavimentos, Perforación Pozos de Agua.
 Riobamba: Parque Industrial Calles Antonio Santillán y Bolívar Bonilla. Telefax: 2942-083 / 2942-084 / Cel: 091349639 / 091351037
 Ambato: Colombia y Av. de las Américas (Sector sede CICT). Telefax: 03 2828-170 / Cel: 091350082
 Email: estudios_especializados@yahoo.com / victorlianga@yahoo.es


INFORMACION GENERAL											
INFORME DE ENSAYOS			INSTITUCION:			ENVIADOS POR:			NORMAS:		
REALIZADOS SOBRE:			FABRICA SAN JACINTO			SEGUNDO AMANCHA			INEN 1586 - 1587 - 1588		
TUBERIA H.S.			PROYECTO:			FISCALIZA:			1589 - 1590		
INFORME No.:			UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO, TESIS			FECHA DE ENTREGA DE INFORME:					
es-T-H-02			AMBATO - TUNGURAHUA			octubre 28, 2011					
CARACTERISTICAS FISICAS											
No.	DIAMETRO (mm)	LONGITUD ENSAYO (cm)	ESPESOR PARED (mm)	CLASE					FECHA FABRICACION		
1	300	87	45	I	II	III	IV	V			
2	300	87	50								
3	300	85	50								
RESISTENCIA: METODO DE LOS TRES APOYOS											
No.	CARGA ROTURA (kg)	CARGA D (N / m mm)	RESISTENCIA Especificada (kg/m)	No. ENSAYOS			LONGITUD TUBO (m)	FECHA ENSAYO			
1	2.000	X	2200	1	2	3	104,50	28 de octubre de 2011			
2	2.700	X	2200	X	X	X	105,50	28 de octubre de 2011			
3	2.000	X	2200	X	X	X	104,00	28 de octubre de 2011			
PERMEABILIDAD											
No.	SECCION (mm2)	Masa (g)	SECADO TIEMPO (h)	MASA (g)	TIEMPO (h)	HUMEDAD MASA (g)	RESULTADO MASA (g)	ESPECIFICACION			
1	X	345,00	24	312,50	5	326,30	13,80	0% 4,00 9%			
FIRMA Y SELLO											
TIEMPO INICIAL			HUMEDAD EXTERIOR			TIEMPO ADICIONAL			HUMEDAD EXTERIOR		
1 HORA			SI			24 HORAS			NO		
1 HORA			NO			24 HORAS			SI		
1 HORA			X			24 HORAS			X		
1 HORA			X			24 HORAS			X		
1 HORA			X			24 HORAS			X		
ESPECIFICACIONES:											
 RESPONSABLE TECNICO											

Figura 25. Registros específicos de ensayos a tubería de 300mm
 Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales “Estudios Especializados”

4.1.4. ANÁLISIS DEL NIVEL DE PRODUCCIÓN DE LA FÁBRICA “SAN JACINTO”

La producción de la Fábrica “San Jacinto” tiene un nivel medio pues existe pérdidas de tiempo entre procesos, además el desempeño de los obreros no es el mismo durante todo el día pues hay que tomar en cuenta el cansancio físico del mismo dando así en algunas circunstancias productos heterogéneos debido a que se utiliza un método de producción manual.

La magnitud de producción no se ajusta a la demanda del mercado en cantidad y en algunos casos en calidad.

El nivel de producción no es eficiente debido a que la empresa no ha optado a incluir a su planta de producción procesos tecnológicos que maximicen sus ganancias, debido a que la inclusión de dichos avances demanda un gran gasto inicial, no tomando en cuenta que las ganancias obtenidas se utilizarían para pagar la deuda que se incurrió al implementar dichos avances con la ventaja que la maquinaria se implanta definitivamente para producir ganancias.

La capacidad de producción de los tubos de hormigón no es el mismo en la mañana como en la tarde, por ello se eligió tomar datos en intervalos de tiempo para determinar la producción tomando en cuenta que la producción difiere por los diámetros de los tubos.

Hay que tomar en cuenta que se escogió realizar las pruebas de nivel de producción en los tubos de diámetros de 200 y 300mm debido a que estos especímenes tienen mayor demanda en el mercado.

Tabla 7. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 200mm en el intervalo 08:00 – 12:00 am.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYOS DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN			
Tipo de estudio:	De campo	Ensayo:	N°- 01
Fecha de ejecución:	29/09/2011	Elaborado por:	Amancha F.
Supervisor por:	Ing. Carrillo M.	Lugar de ensayo:	Izamba / Santa Clara
Tipo de material:	Hormigón	Objeto:	Tubos de hormigón
ENSAYO			
Muestra (Unidades)	Vibración para auto - acomodar material (s)	Vibro - compresión (s)	Tiempo Total (s)
1	18	28	361
2	14	23	401
3	13	31	342
4	13	28	326
5	13	32	345
6	13	30	363
7	10	24	355
8	13	25	342
9	13	29	355
10	12	30	366
11	14	25	351
12	14	27	357
13	15	30	348
14	14	25	339
15	19	27	360
16	14	26	359
17	12	26	361
18	12	29	365
19	12	40	359
20	10	29	374
21	18	34	364
22	16	33	366
23	19	39	358
24	11	36	371
25	12	40	371
26	13	45	391

Fuente: Autor

Tabla 8. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 200mm en el intervalo 13:00 – 17:00 pm.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYOS DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN			
Tipo de estudio:	De campo	Ensayo:	N°- 02
Fecha de ejecución:	29/09/2011	Elaborado por:	Amancha F.
Supervisor por:	Ing. Carrillo M.	Lugar de ensayo:	Izamba / Santa Clara
Tipo de material:	Hormigón	Objeto:	Tubos de hormigón
ENSAYO			
Muestra (Unidades)	Vibración para auto - acomodar material (s)	Vibro - compresión (s)	Tiempo Total (s)
1	10	37	412
2	19	28	409
3	22	32	439
4	14	35	411
5	16	35	410
6	20	35	400
7	13	29	412
8	14	42	448
9	22	34	372
10	11	35	398
11	19	57	404
12	20	37	384
13	14	31	386
14	17	44	416
15	17	45	392
16	18	34	390
17	18	41	411
18	22	32	407
19	15	52	415

Fuente: Autor

Tabla 9. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 200mm en el intervalo 08:00 – 12:00 am.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYOS DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN			
Tipo de estudio:	De campo	Ensayo:	N°- 03
Fecha de ejecución:	30/09/2011	Elaborado por:	Amancha F.
Supervisor por:	Ing. Carrillo M.	Lugar de ensayo:	Izamba / Santa Clara
Tipo de material:	Hormigón	Objeto:	Tubos de hormigón
ENSAYO			
Muestra (Unidades)	Vibración para auto - acomodar material (s)	Vibro - compresión (s)	Tiempo Total (s)
1	20	41	426
2	16	25	360
3	14	32	356
4	14	33	346
5	15	33	393
6	12	29	370
7	15	41	380
8	16	34	364
9	13	40	358
10	12	33	364
11	15	31	371
12	14	29	374
13	16	35	352
14	14	40	363
15	18	34	363
16	19	38	392
17	14	30	373
18	13	29	381
19	20	30	371
20	20	34	380
21	15	29	399
22	16	30	382
23	13	33	383
24	14	28	352
25	16	33	374

Fuente: Autor

Tabla 10. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 200mm en el intervalo 13:00 – 17:00 pm.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYOS DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN			
Tipo de estudio:	De campo	Ensayo:	N°- 04
Fecha de ejecución:	30/09/2011	Elaborado por:	Amancha F.
Supervisor por:	Ing. Carrillo M.	Lugar de ensayo:	Izamba / Santa Clara
Tipo de material:	Hormigón	Objeto:	Tubos de hormigón
ENSAYO			
Muestra (Unidades)	Vibración para auto - acomodar material (s)	Vibro - compresión (s)	Tiempo Total (s)
1	16	30	412
2	13	33	413
3	14	28	382
4	16	33	404
5	13	32	447
6	22	31	413
7	18	32	418
8	17	39	404
9	20	27	418
10	22	33	430
11	23	38	397
12	16	45	393
13	19	35	400
14	12	48	430
15	24	50	427
16	25	32	403
17	21	38	427
18	19	32	409
19	18	35	413
20	17	37	419

Fuente: Autor

Tabla 11. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 200mm en el intervalo 08:00 – 12:00 am.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYOS DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN			
Tipo de estudio:	De campo	Ensayo:	N°- 05
Fecha de ejecución:	04/10/2011	Elaborado por:	Amancha F.
Supervisor por:	Ing. Carrillo M.	Lugar de ensayo:	Izamba / Santa Clara
Tipo de material:	Hormigón	Objeto:	Tubos de hormigón
ENSAYO			
Muestra (Unidades)	Vibración para auto - acomodar material (s)	Vibro - compresión (s)	Tiempo Total (s)
1	15	37	405
2	17	38	366
3	12	48	404
4	19	49	380
5	16	35	371
6	19	38	367
7	17	40	401
8	21	44	402
9	18	40	389
10	18	37	386
11	16	34	364
12	18	34	365
13	17	35	375
14	18	41	383
15	15	33	390
16	18	38	401
17	14	46	371
18	14	48	372
19	21	37	347
20	24	36	370
21	14	36	405
22	18	31	354
23	17	35	410
24	18	31	386

Fuente: Autor

Tabla 12. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 200mm en el intervalo 13:00 – 17:00 pm.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYOS DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN			
Tipo de estudio:	De campo	Ensayo:	N°- 06
Fecha de ejecución:	04/10/2011	Elaborado por:	Amancha F.
Supervisor por:	Ing. Carrillo M.	Lugar de ensayo:	Izamba / Santa Clara
Tipo de material:	Hormigón	Objeto:	Tubos de hormigón
ENSAYO			
Muestra (Unidades)	Vibración para auto - acomodar material (s)	Vibro - compresión (s)	Tiempo Total (s)
1	18	31	416
2	24	33	432
3	16	37	414
4	21	34	416
5	15	36	397
6	19	43	457
7	21	41	458
8	15	34	403
9	19	29	373
10	17	43	386
11	19	41	429
12	16	42	383
13	21	35	457
14	19	29	391
15	22	26	426
16	18	41	407
17	21	37	462
18	17	40	466

Fuente: Autor

Tabla 13. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 300mm en el intervalo 08:00 – 12:00 am

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYOS DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN			
Tipo de estudio:	De campo	Ensayo:	N°- 07
Fecha de ejecución:	05/10/2011	Elaborado por:	Amancha F.
Supervisor por:	Ing. Carrillo M.	Lugar de ensayo:	Izamba / Santa Clara
Tipo de material:	Hormigón	Objeto:	Tubos de hormigón
ENSAYO			
Muestra (Unidades)	Vibración para auto - acomodar material (s)	Vibro - compresión (s)	Tiempo Total (s)
1	18	35	444
2	20	33	405
3	19	32	469
4	23	38	439
5	25	33	429
6	17	38	491
7	16	32	459
8	24	49	481
9	27	39	469
10	33	35	458
11	26	39	493
12	27	31	477
13	23	34	465
14	22	33	445
15	19	37	457
16	20	32	434
17	19	43	469
18	23	45	411

Fuente: Autor

Tabla 14. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 300mm en el intervalo 13:00 – 17:00 pm.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYOS DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN			
Tipo de estudio:	De campo	Ensayo:	N°- 08
Fecha de ejecución:	05/10/2011	Elaborado por:	Amancha F.
Supervisor por:	Ing. Carrillo M.	Lugar de ensayo:	Izamba / Santa Clara
Tipo de material:	Hormigón	Objeto:	Tubos de hormigón
ENSAYO			
Muestra (Unidades)	Vibración para auto - acomodar material (s)	Vibro - compresión (s)	Tiempo Total (s)
1	22	35	469
2	28	57	492
3	18	37	481
4	23	31	447
5	27	44	474
6	19	45	489
7	24	34	498
8	29	41	456
9	17	32	483
10	25	52	446
11	18	37	458
12	16	28	471
13	26	32	479
14	29	35	455
15	19	35	468
16	20	35	494

Fuente: Autor

Tabla 15. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 300mm en el intervalo 08:00 – 12:00 am.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYOS DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN			
Tipo de estudio:	De campo	Ensayo:	N°- 09
Fecha de ejecución:	10/10/2011	Elaborado por:	Amancha F.
Supervisor por:	Ing. Carrillo M.	Lugar de ensayo:	Izamba / Santa Clara
Tipo de material:	Hormigón	Objeto:	Tubos de hormigón
ENSAYO			
Muestra (Unidades)	Vibración para auto - acomodar material (s)	Vibro - compresión (s)	Tiempo Total (s)
1	20	41	439
2	23	35	467
3	19	32	437
4	26	33	446
5	27	33	468
6	21	29	443
7	29	41	456
8	23	34	451
9	19	40	447
10	23	38	457
11	22	31	484
12	28	37	458
13	24	35	481
14	21	40	453
15	19	34	478
16	30	36	456
17	27	38	489

Fuente: Autor

Tabla 16. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 300mm en el intervalo 13:00 – 17:00 pm.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYOS DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN			
Tipo de estudio:	De campo	Ensayo:	N°- 10
Fecha de ejecución:	10/10/2011	Elaborado por:	Amancha F.
Supervisor por:	Ing. Carrillo M.	Lugar de ensayo:	Izamba / Santa Clara
Tipo de material:	Hormigón	Objeto:	Tubos de hormigón
ENSAYO			
Muestra (Unidades)	Vibración para auto - acomodar material (s)	Vibro - compresión (s)	Tiempo Total (s)
1	18	35	494
2	23	31	479
3	30	30	492
4	19	33	474
5	27	32	483
6	28	28	459
7	26	32	471
8	25	39	469
9	29	28	481
10	28	33	468
11	31	38	492
12	33	45	456
13	24	31	489
14	27	42	447
15	23	32	498

Fuente: Autor

Tabla 17. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 300mm en el intervalo 08:00 – 12:00 am.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYOS DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN			
Tipo de estudio:	De campo	Ensayo:	N°- 11
Fecha de ejecución:	11/10/2011	Elaborado por:	Amancha F.
Supervisor por:	Ing. Carrillo M.	Lugar de ensayo:	Izamba / Santa Clara
Tipo de material:	Hormigón	Objeto:	Tubos de hormigón
ENSAYO			
Muestra (Unidades)	Vibración para auto - acomodar material (s)	Vibro - compresión (s)	Tiempo Total (s)
1	23	34	461
2	27	40	444
3	19	38	498
4	25	37	502
5	29	28	458
6	32	35	481
7	33	38	447
8	28	42	458
9	34	39	463
10	29	37	456
11	23	27	449
12	22	34	491
13	30	28	498
14	26	32	521
15	29	45	499
16	31	44	506

Fuente: Autor

Tabla 18. Determinación de tiempos de producción y relevantes de tubería de hormigón de 300mm en el intervalo 13:00 – 17:00 pm.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYOS DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN			
Tipo de estudio:	De campo	Ensayo:	N°- 12
Fecha de ejecución:	11/10/2011	Elaborado por:	Amancha F.
Supervisor por:	Ing. Carrillo M.	Lugar de ensayo:	Izamba / Santa Clara
Tipo de material:	Hormigón	Objeto:	Tubos de hormigón
ENSAYO			
Muestra (Unidades)	Vibración para auto - acomodar material (s)	Vibro - compresión (s)	Tiempo Total (s)
1	22	35	492
2	28	37	485
3	18	33	481
4	24	28	473
5	17	36	497
6	23	43	476
7	26	41	484
8	22	39	481
9	26	27	477
10	23	43	494
11	27	40	479
12	23	38	468
13	21	35	491
14	22	33	503

Fuente: Autor

4.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA ENTREVISTA REALIZADA AL GERENTE.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la entrevista realizada al Gerente – Propietario de la Fábrica “San Jacinto” manifiesta la necesidad de implementar tecnología que represente un avance para la institución puesto que con ello se estaría obteniendo mayor producción y a la vez se ofertaría productos con mejor calidad. Satisfaciendo de buena manera la demanda existente.

En la pregunta 1 de la entrevista se denota que la fabricación manual ya está en desuso en la Empresa mientras que la fabricación mecánica tiene gran acogida por los clientes debido a las garantías que ofrece la maquinaria empleada en la producción de tubos de hormigón.

En la pregunta 2 se interpreta que la producción de tubos de hormigón está relacionada directamente con los diámetros de los tubos. A menor diámetro mayor cantidad de tubos producidos mientras que a mayor diámetro menor cantidad de producción.

En la pregunta 3 se comenta que la demanda actual de tubería de hormigón es de nivel mediano debido a la competencia ya que ofertan productos de menor precio pero también carecen de calidad.

En la pregunta 4 se verifica que la Fabrica “San Jacinto” ha tenido inconvenientes al proveer de prefabricados de hormigón hacia sus clientes debido a la gran demanda del sector de la construcción, sistemas de riego y salubridad tanto para alcantarillados sanitarios y pluviales.

Como resultado de la pregunta 5 se explica que la tubería fabricada no se ha expuesto a pruebas y ensayos que exige la Norma INEN 1590.

En la pregunta 6 se dilucida que la producción de tubos de hormigón no produce deficiencias en la salud pero la falta de cuidado con las máquinas y las herramientas representar un riesgo mínimo.

La pregunta 7 denota que el Gerente – Propietario desea invertir en tecnología que realmente represente un avance para la institución puesto que con ello se obtendrá mayor producción con mejor calidad de la misma. Satisfaciendo de buena manera la demanda existente y cumpliendo los requerimientos que la Norma NTE INEN 1590 exige.

4.2.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE FICHA DE CAMPO

Para realizar este ensayo se determinó la muestra mediante un muestreo intencional no probalístico escogido de un lote de producción de una semana a fin de que cada elemento de la muestra escogida tenga la misma importancia.

La población o universo (N) semanal es de 200 especímenes, resultando una muestra (n) de 97 tubos de hormigón.

La ficha de campo destacó las características más relevantes en la producción de tubos de hormigón, mediante la observación directa del lote propuesto; así:

- ✓ Aparición excesiva de porosidad
- ✓ Presencia de pequeñas grietas superficiales de 4 a 5 cm.
- ✓ Existencia de fisuras que atraviesan sus paredes.
- ✓ Se observó imperfecciones casuales en los extremos tanto superior e inferior en la mayoría de tubos.
- ✓ Otro aspecto muy notorio es la longitud indistinta de la tubería de hasta 15 mm de diferencia.
- ✓ La tubería observada no presenta el respectivo rotulado que indica la Norma INEN 1590.

Se denotó en la ficha de campo claramente la deficiencia de calidad en la producción de tubos de hormigón, requiriendo así tomar medidas correctivas para satisfacer las necesidades de sus clientes.

4.2.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE REGISTROS ESPECÍFICOS

Los registros específicos se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Estudios Especializados” ubicado en Ambato en la calle Colombia y Av. de las Américas (Sector CICT).

Los ensayos que se prepararon en dicha institución según Norma NTE INEN 1590 para tubos de hormigón fueron:

- ✓ Resistencia a la flexión (Norma NTE INEN 1587)
- ✓ Ensayo de absorción (Norma NTE INEN 1588)
- ✓ Permeabilidad o estanqueidad.

En los registros específicos de los tubos de 200mm se denota las características físicas de los mismos clasificándolos en la Clase I y detallando además el diámetro, espesor y longitud del ensayo.

En cuanto a resistencia a la flexión se satisface en dos de los tres ejemplares expuestos teniendo como resistencia mínima 1136 Kg/m y máxima 2500 Kg/m; no cumpliendo así con los requerimientos que la Norma exige.

En el ensayo de absorción los resultados fueron satisfactorios pues la Norma NTE INEN 1590 exige una absorción no mayor al 9%. Mientras que en el ensayo de permeabilidad no se compensa los requerimientos pues se denotó humedad exterior durante el periodo de 24 horas de exposición a prueba.

Mientras que en los registros de especímenes de 300mm se aprecia que también son de Clase I y a continuación se especifican sus otras características físicas.

Los ensayos de resistencia a la flexión demuestran que se cumple con los requerimientos normativos pero con sus límites extremos teniendo como resistencia mínima 2299 Kg/m y máxima 3103 Kg/m.

Lo expuesto en los ensayos de absorción da resultados favorables a los requerimientos de la Norma pues se verifica una absorción de 9% siendo la mínima exigible. Los resultados de permeabilidad en las pruebas aplicadas a estos tres

especímenes si cumple con lo regulado en la Norma al no presentar humedad en sus paredes exteriores durante 24 horas.

Los estudios planteados en el Laboratorio “Estudios Especializados” abarcan las pruebas más comunes que exigen los clientes de Municipios y Entidades privadas para salvaguardar las garantías de construcción de obras de gran escala, dando a entender que la Fábrica “San Jacinto” no está en posibilidad de satisfacer las necesidades de dichos consumidores pues no cumple con los requerimientos exigibles en los tubos de 200mm mientras que la tubería de 300mm si cumple con la normativa.

4.2.4. INTERPRETACIÓN DEL NIVEL DE PRODUCCIÓN DE LA FÁBRICA “SAN JACINTO”

La producción de tubos de hormigón tiene muchas deficiencias como se puede denotar en las tablas 7 - 18 y presenta las siguientes falencias:

- ✓ Pérdidas de tiempo entre procesos.
- ✓ El desempeño de los obreros no es el mismo durante todo el día pues hay que tomar en cuenta el cansancio físico del mismo, dando así productos heterogéneos debido a que se utiliza un método de producción manual.
- ✓ La magnitud de producción no se ajusta a la demanda del mercado en cantidad y en algunos casos en calidad.
- ✓ El nivel de producción no es eficiente debido a que la empresa no ha incorporado en su planta de producción procesos tecnológicos.
- ✓ La capacidad de producción de los tubos de hormigón no es el mismo en la mañana como en la tarde.

PRODUCCIÓN DE TUBOS DE HORMIGÓN DE 200mm EN EL PERÍODO DE 08– 12 am DURANTE TRES DÍAS DE ENSAYO

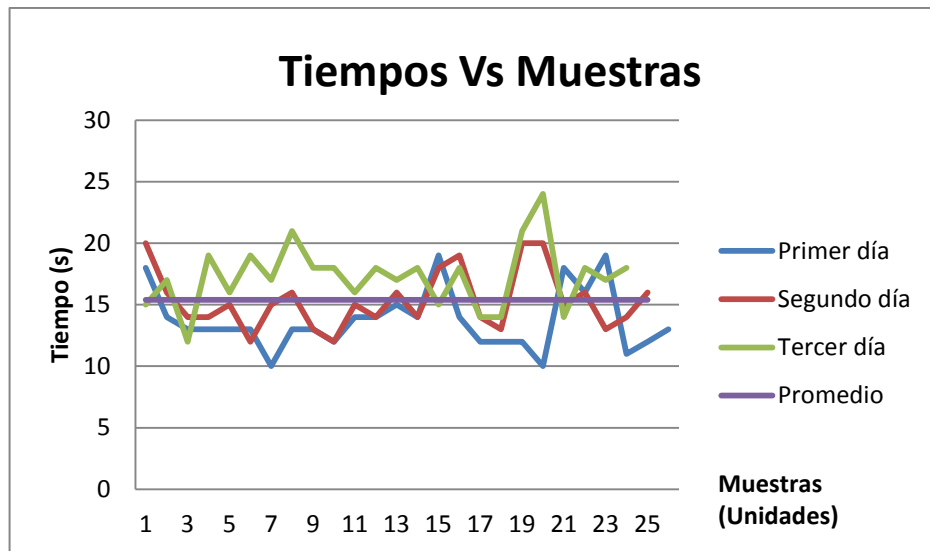


Figura 26. Gráfica de tiempos de vibración para auto – acomodar material en el periodo de 08 – 12 am en los días 29 – 30 de Septiembre y 04 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

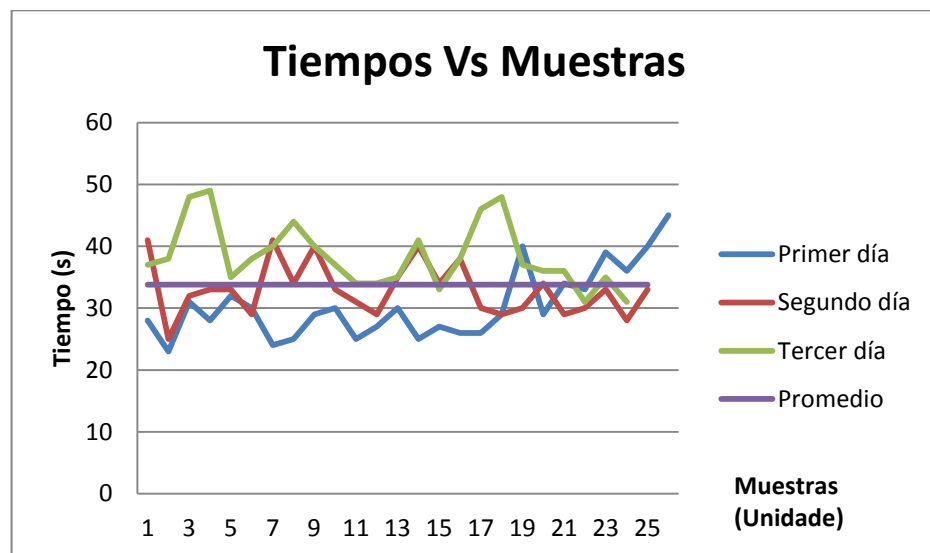


Figura 27. Gráfica de tiempos de vibro - compresión en el periodo de 08 – 12 am en los días 29 – 30 de Septiembre y 04 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

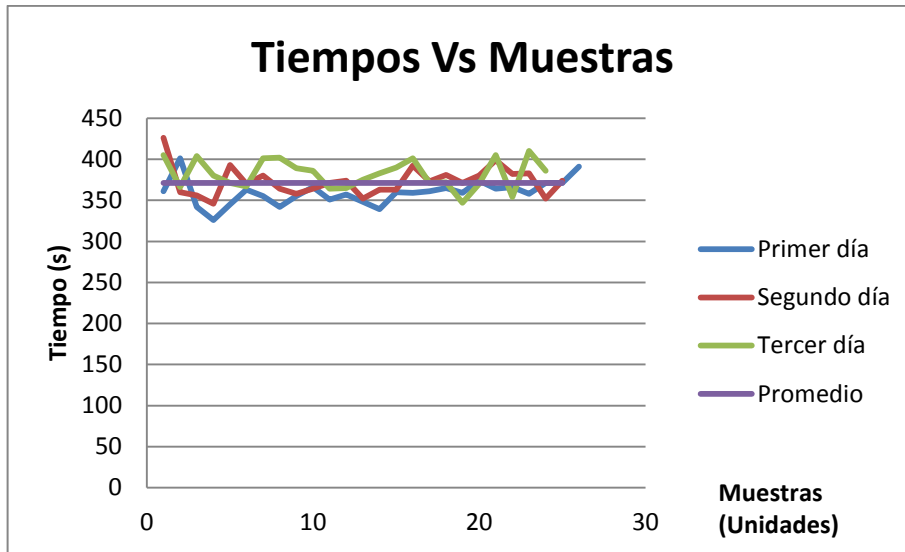


Figura 28. Gráfica de tiempos totales de producción de tubería de hormigón en el periodo de 08 – 12 am en los días 29 – 30 de Septiembre y 04 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

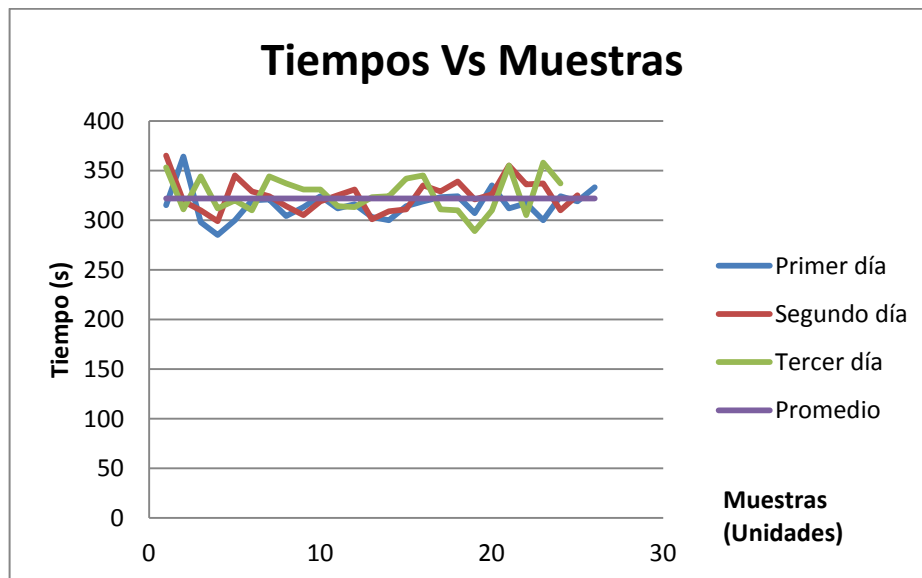


Figura 29. Gráfica de tiempos de procesos manuales en el periodo de 08 – 12 am en los días 29 – 30 de Septiembre y 04 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

En las figuras 26 - 29 se observa que difiere los tiempos en todos los procesos ya sea en la vibración para auto - acomodar material, vibro - compresión, producción total y en procesos manuales para ello se ha considerado tomar tiempos promedios para realizar el análisis, dando como resultado:

Tiempo promedio de vibración para auto - acomodar material: 15 segundos.

Tiempo promedio de vibro - compresión: 34 segundos

Tiempo promedio en procesos manuales: 322 segundos

Al sumar los tiempos anteriores que son los más relevantes se producirá cada espécimen en 371 segundos; pero también se considera tiempos imprevistos así que se asume una producción por cada tubo de hormigón de 380 segundos (6 minutos 20 segundos).

Considerando que la producción sea controlada a diferencia de la expuesta en la Fábrica “San Jacinto”, se demuestra un aumento de la producción en un 52% de lo fabricado pues se elaboraría 38 tubos a diferencia que en el proceso manual se fabrican 25 especímenes.

PRODUCCIÓN DE TUBOS DE HORMIGÓN DE 200mm EN EL PERÍODO DE 13 – 17 pm DURANTE TRES DÍAS DE ENSAYO

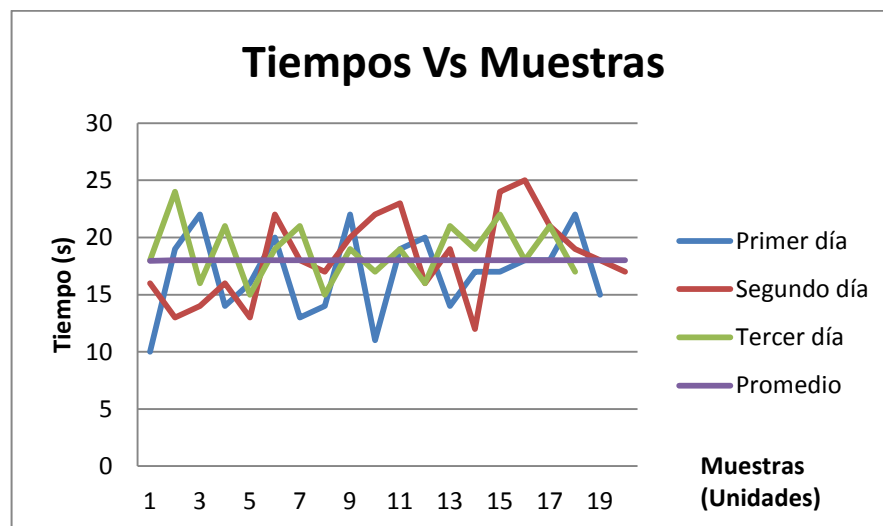


Figura 30. Gráfica de tiempos de vibración para auto - acomodar material en el periodo de 13-17 pm en los días 29 - 30 de Septiembre y 04 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

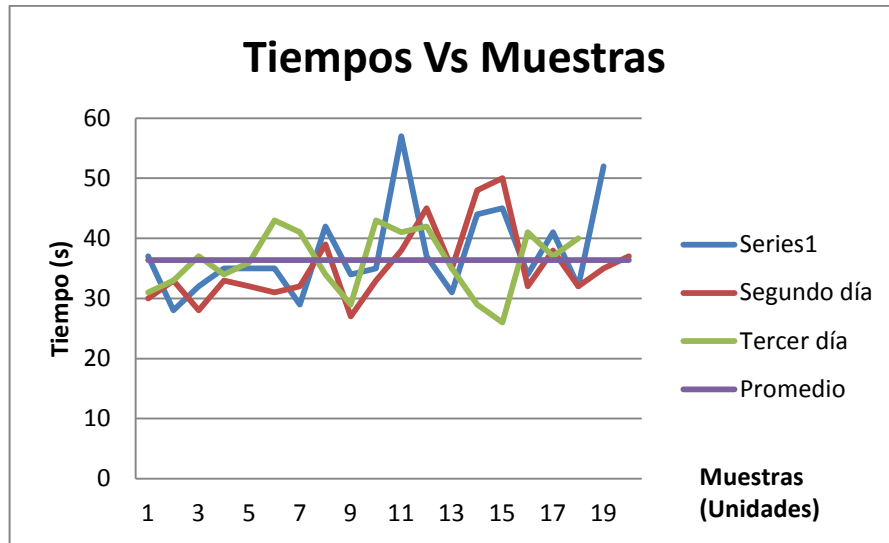


Figura 31. Gráfica de tiempos de vibro - compresión en el periodo de 13 – 17 pm en los días 29 – 30 de Septiembre y 04 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

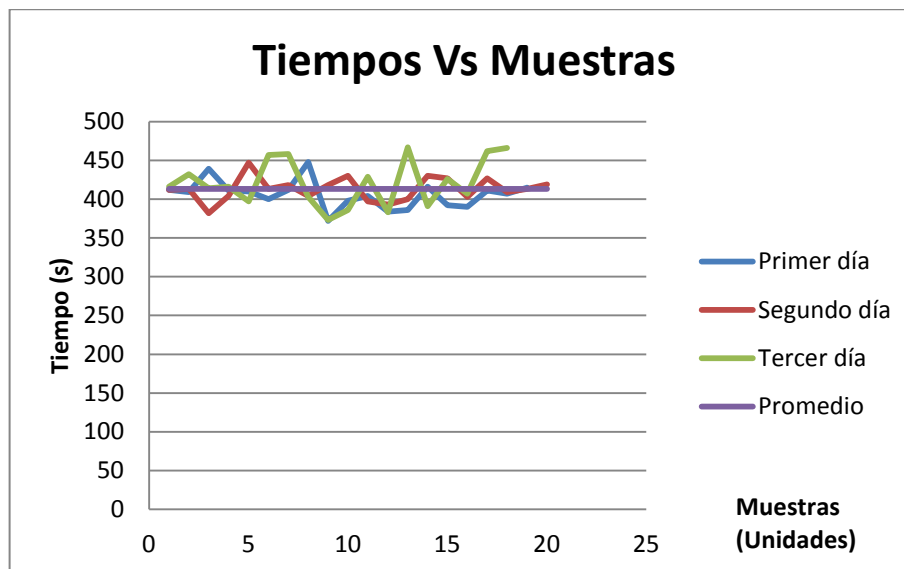


Figura 32. Gráfica de tiempos totales de producción de tubería de hormigón en el periodo de 13 – 17 pm en los días 29 – 30 de Septiembre y 04 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

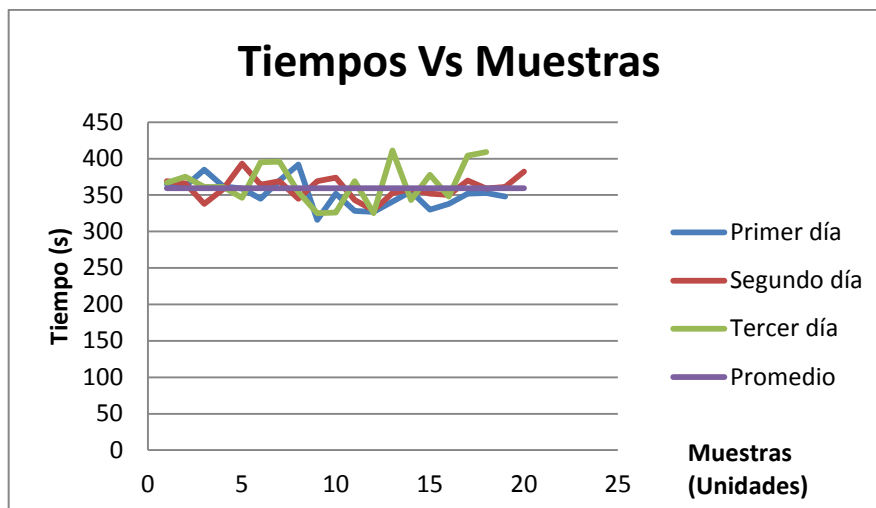


Figura 33. Gráfica de tiempos de procesos manuales en el periodo de 13 – 17 pm en los días 29 – 30 de Septiembre y 04 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

En las figuras 29 - 33 se observa que varían los tiempos en todos los procesos ya mencionados para ello se considero tomar tiempos promedios para realizar el análisis, dando como resultado:

Tiempo promedio de vibración para auto – acomodar material: 18 segundos.

Tiempo promedio de vibro – compresión: 36 segundos

Tiempo promedio en procesos manuales: 359 segundos

El resultado es una producción de cada espécimen de 413 segundos; pero también se considera tiempos imprevistos así que se asume una producción por cada tubo de hormigón de 430 segundos (7 minutos 10 segundos). Se destaca el aumento de tiempos debido al cansancio físico de los obreros.

Considerando que la producción sea controlada a diferencia de la expuesta en la Fábrica “San Jacinto”, se demuestra un aumento de la producción de un 73.68% de lo fabricado pues se elaboraría 33 tubos a diferencia que en el proceso manual se fabrican 19 especímenes.

La producción utilizando tecnologías de control sería de 71 tubos sumando la producción por la mañana y la tarde, lo cual representa un aumento de 41.18 % de la producción diaria manual, pues de acuerdo a reportes de la fábrica “San Jacinto” se fabrican 50 tubos de hormigón. (Tabla 6)

**PRODUCCIÓN DE TUBOS DE HORMIGÓN DE 300mm EN EL PERÍODO
DE 08 - 12 am DURANTE TRES DÍAS DE ENSAYO**

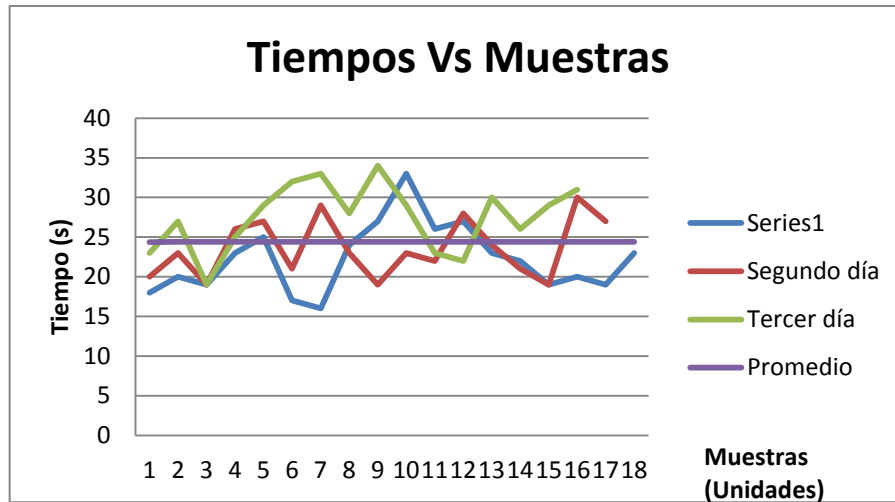


Figura 34. Gráfica de tiempos de vibración para auto - acomodar material en el periodo de 08 – 12 am en los días 05 – 10 y 11 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

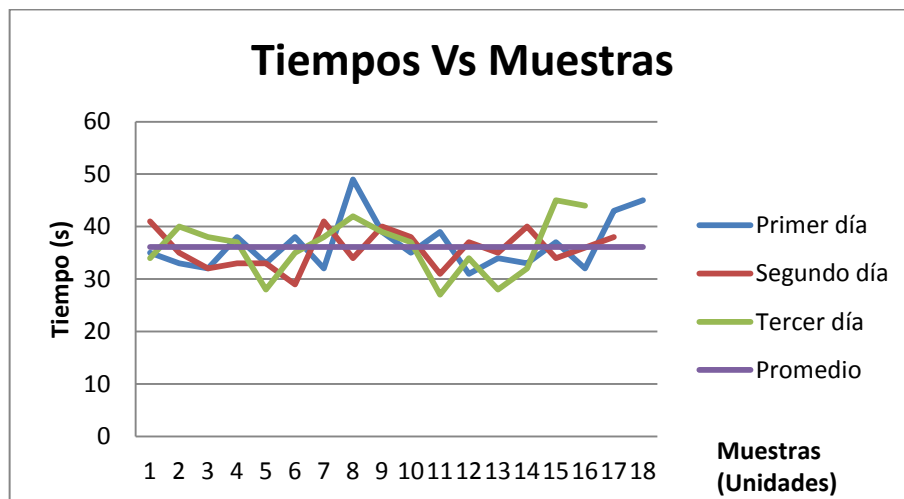


Figura 35. Gráfica de tiempos de vibro - compresión en el periodo de 08 – 12 am en los días 05 – 10 y 11 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

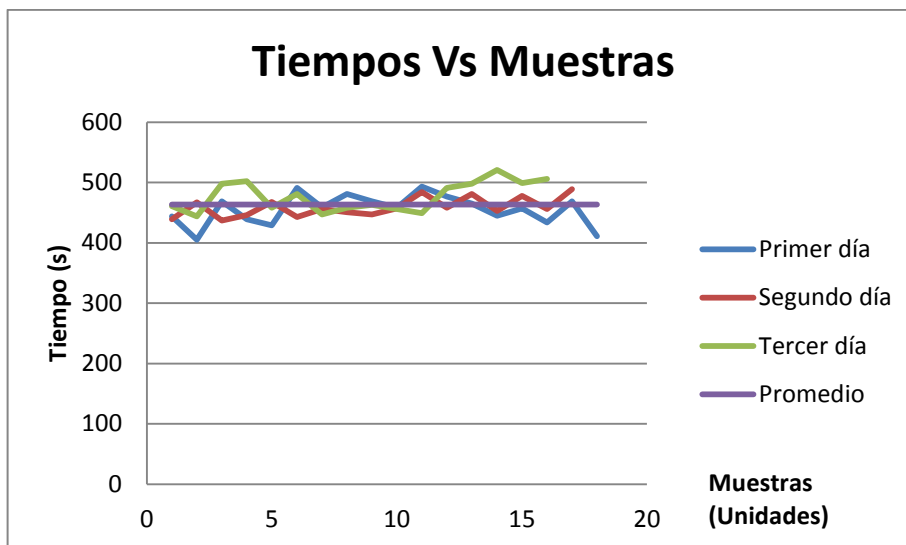


Figura 36. Gráfica de tiempos totales de producción de tubería de hormigón en el periodo de 08 – 12 am en los días 05 – 10 y 11 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

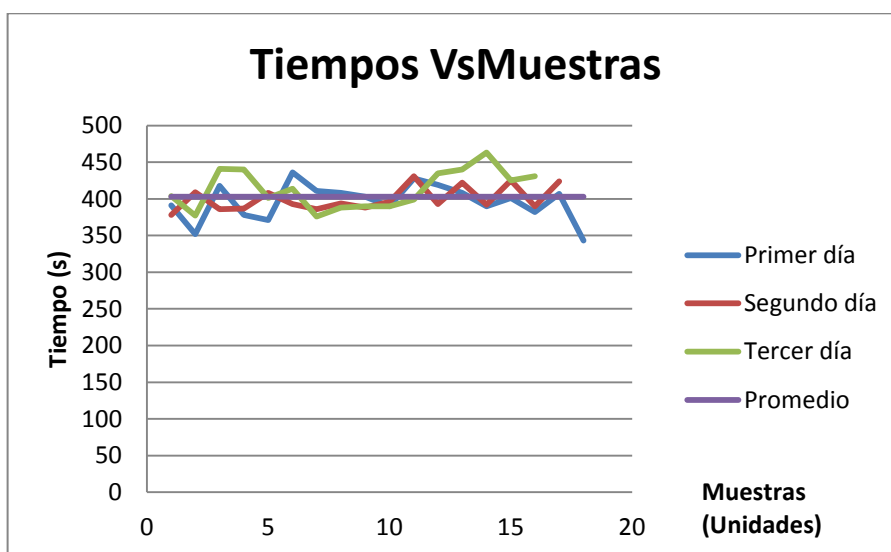


Figura 37. Gráfica de tiempos de procesos manuales en el periodo de 08 – 12 am en los días 05 – 10 y 11 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

En las figuras 34 – 37 se observa que difiere los tiempos en todos los procesos ya sea en la vibración para auto – acomodar material, vibro - compresión, producción total

y en procesos manuales para ello se ha considerado tomar tiempos promedios para realizar el análisis, dando como resultado:

Tiempo promedio de vibración auto – acomodar material: 24 segundos.

Tiempo promedio de vibro – compresión: 36 segundos

Tiempo promedio en procesos manuales: 403 segundos

Resultado una producción de cada espécimen de 463 segundos; pero también se considera tiempos imprevistos así que se asume una producción por cada tubo de hormigón de 480 segundos (8 minutos).

Considerando que la producción sea controlada a diferencia de la expuesta en la Fábrica “San Jacinto”, se demuestra un aumento de la producción de un 76.47% de lo fabricado pues se elaboraría 30 tubos a diferencia que en el proceso manual se fabrican 17 especímenes.

PRODUCCIÓN DE TUBOS DE HORMIGÓN DE 300mm EN EL PERÍODO DE 13 - 17 pm DURANTE TRES DÍAS DE ENSAYO

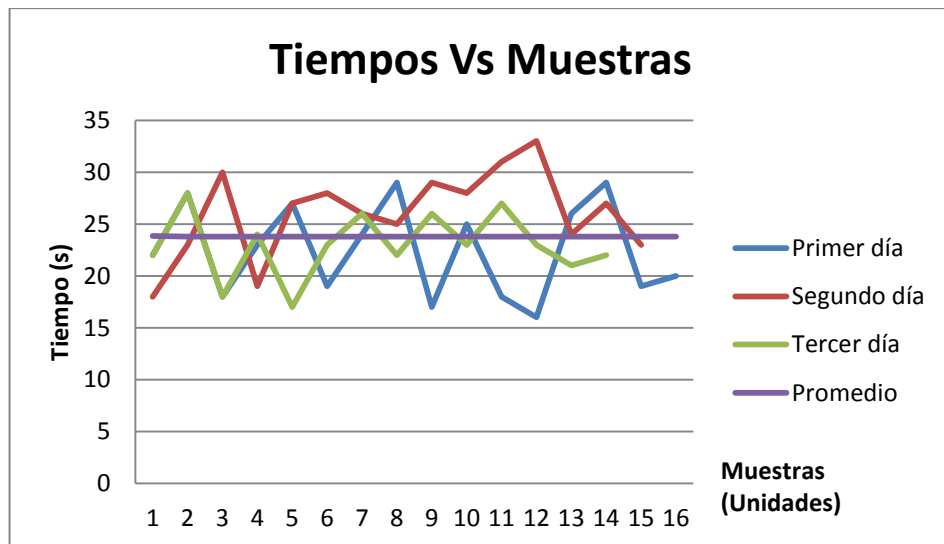


Figura 38. Gráfica de tiempos de vibración para auto – acomodar material en el periodo de 13 – 17 pm en los días 05 – 10 y 11 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

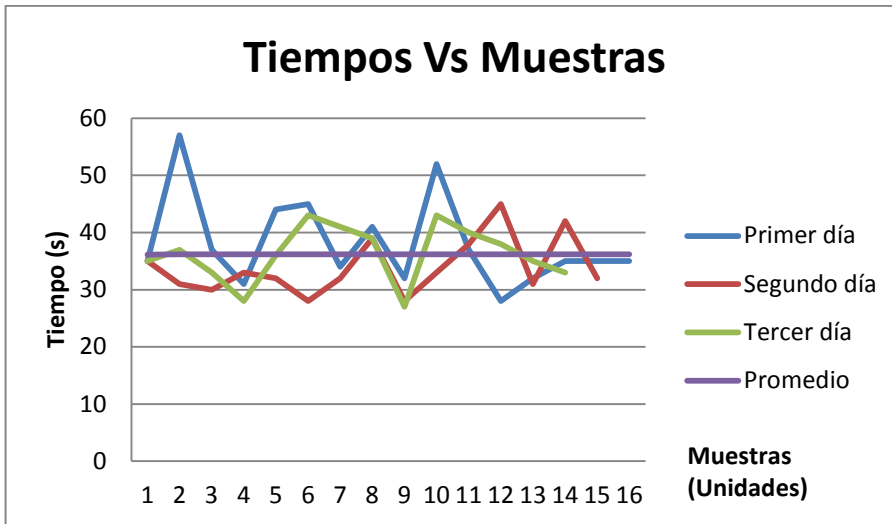


Figura 39. Gráfica de tiempos de vibro - compresión en el periodo de 13 - 17pm en los días 05 - 10 y 11 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

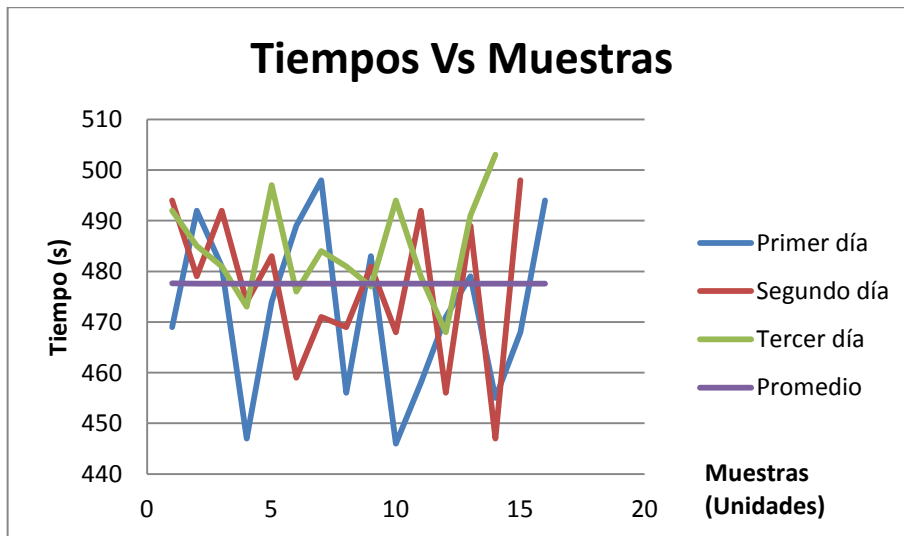


Figura 40. Gráfica de tiempos totales de producción de tubería de hormigón en el periodo de 13 – 17 am en los días 05 – 10 y 11 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

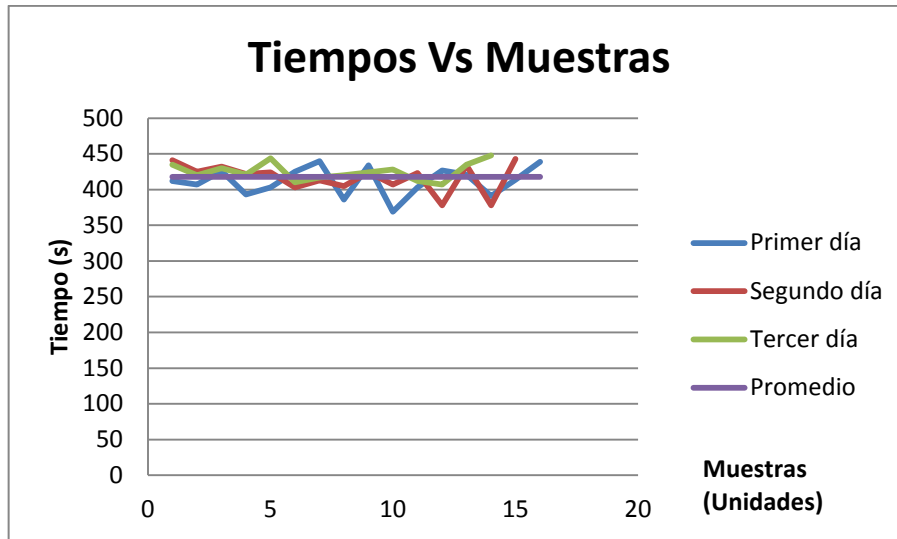


Figura 41. Gráfica de tiempos de procesos manuales en el periodo de 13 – 17 pm en los días 05 – 10 y 11 de Octubre del 2011

Fuente: Autor

En las figuras 38 – 41 se observa que varían los tiempos en todos los procesos ya mencionados para ello se considero tomar tiempos promedios para realizar el análisis, dando como resultado:

Tiempo promedio de vibración para auto – acomodar material: 24 segundos.

Tiempo promedio de vibro – compresión: 36 segundos

Tiempo promedio en procesos manuales: 418 segundos

El resultado es una producción de cada espécimen de 478 segundos; pero también se considera tiempos imprevistos así que se asume una producción por cada tubo de hormigón de 490 segundos (8 minutos 10 segundos). Se destaca además el aumento de tiempos debido al cansancio físico de los obreros.

Considerando que la producción sea controlada a diferencia de la expuesta en la Fábrica “San Jacinto”, se demuestra un aumento de la producción de un 93.34% de lo fabricado pues se elaboraría 29 tubos a diferencia que en el proceso manual se fabrican 15 especímenes.

La producción utilizando tecnologías de control sería de 59 tubos tomando en cuenta la producción por la mañana y la tarde, lo cual representa un aumento del 68.57 % de la producción diaria manual (Tabla 6).

Las gráficas anteriores demuestran que la producción difiere por los diámetros de fabricación de tubos de hormigón, también se demuestra un cambio notorio en la capacidad de producción pues no es el mismo en la mañana como en la tarde debido al cansancio físico dando así en algunas circunstancias productos heterogéneos debido a la utilización de métodos de producción manual.

Además se nota claramente que no se controla los tiempos importantes como son: la vibración para auto – acomodar material en el molde y vibro – compresión pues ellos involucran cambios apreciables en su resistencia a la flexión, longitud, porosidad, densidad, durabilidad. Pues se controla estos tiempos por experiencia propia del obrero, también hay que tomar en cuenta que no se controla la presión que se ejerce en el instante de comprimir la mezcla.

Además de ello los tiempos de producción totales no son los mismos debido a que existen pérdidas de tiempo entre procesos dando como consecuencia que la magnitud de producción no se ajuste a la demanda del mercado en cantidad y en algunos casos en calidad.

4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Una vez concluido el estudio se afirma que la producción de tubos hormigón manual y no controlada no es el método más práctico a utilizar ya que el operario no logra un proceso compacto y seguro que garantice las exigencias que la Norma NTE INEN 1590 exige y por ende asegurar la satisfacción del cliente.

Para verificar la hipótesis fue necesario realizar ensayos de niveles de producción, verificación del producto final y un análisis económico con la máquina ya implementada la tecnología de automatización, los cuales muestran la diferencia que brinda este sistema.

4.3.1. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

4.3.1.1. ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA

Se pretende mejorar el proceso de fabricación de prefabricados de hormigón mediante la implementación de un sistema automatizado acorde con las tendencias tecnológicas actuales; logrando mejorar la producción y la calidad en los tubos de hormigón.

Partiendo de las capacidades de producción manuales y tomando en cuenta los recursos económicos disponibles para la construcción de la misma, se determinó las principales características que debe controlar la prensa vibro - compactadora:

- Capacidad máxima de producción diaria de 71 tubos de 200mm y 59 tubos de 300mm (para una jornada de trabajo de 8 horas).
- Sistema hidráulico de 15 GPM y presión de 200 bar.
- Sistema de vibración que facilita el asentamiento y compactación de la mezcla en el molde para conseguir un mejor acabado y mejores propiedades de resistencia en el producto.
- Sistema de compactación que ayuda a comprimir la mezcla simultáneamente en el instante de la vibración. (vibro – compactación).
- Sistema de desmolde que se ejecuta después de que la mezcla es vibro – compactada.
- Sistema de automatización.

En base a estas características de la prensa vibro - compactadora, a continuación se describe las características específicas y los requisitos que deben cumplir cada uno de los sistemas antes mencionados.

4.3.1.2. CÁLCULOS DE DISEÑO

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

Se determinó el tiempo requerido para que la máquina realice cada ciclo de fabricación, de manera que se pueda alcanzar la capacidad de producción máxima requerida que es de 71 tubos de 200mm y 59 tubos de 300mm diarios.

Para los tubos de hormigón de 200mm:

$$\frac{1 \text{ día}}{71 \text{ tubos}} \times \frac{8 \text{ hr}}{1 \text{ día}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hr}} = 405.63 \text{ s/tubo}$$

Para los tubos de hormigón de 300mm:

$$\frac{1 \text{ día}}{59 \text{ tubos}} \times \frac{8 \text{ hr}}{1 \text{ día}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hr}} = 488.14 \text{ s/tubo}$$

En consecuencia, para alcanzar la capacidad de producción requerida, cada ciclo de operación de la máquina no debe durar más de 405.63 s para tubos de 200mm y 488.14 s para tubos de diámetro 300mm, por lo tanto, para determinar el periodo de activación de los diferentes sistemas se tomará en cuenta este tiempo.

Además, es necesario aclarar que el control de los diferentes componentes mecánicos de la máquina se especificó en base al peso y volumen de los tubos de 200 y 300mm, ya que al ser estos de tamaño y peso apreciable producen esfuerzos considerables y requieren de mayor potencia para su fabricación en comparación con los expuestos.

CÁLCULOS Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE VIBRACIÓN

El sistema cuenta con un sistema de vibración externa, es decir el equipo vibrante se coloca sobre una o varias caras del molde exterior o encofrado recibiendo directamente las ondas y transmitiéndose a la masa de concreto.

La efectividad de este procedimiento de vibración depende de la aceleración que sea capaz de transmitir el encofrado a la masa del concreto.

El sistema de vibración está provisto de dos plataformas vibratorias que tienen las medidas suficientes para contener y adaptarse a todos los moldes de tubos soportando así las fuerzas generadas por la vibración. Cada plataforma tiene solidarios dos chumaceras con sus respectivos rodamientos y una polea en uno de los extremos del eje. El eje el cual debe soportar la fuerza centrífuga generada por las excéntricas, está fabricado en acero al carbono para maquinaria AISI 1045 y tiene un diámetro de 30mm.

El sistema de vibración recibe el movimiento por medio de poleas y bandas desde un motor de 3 HP y 1740 rpm, permitiendo aislar de esta manera vibraciones hacia

dicho actuador. La polea del eje del motor tiene un diámetro de 4.5 plg mientras que la polea del eje del conjunto vibratorio tiene un diámetro de 3 plg. La relación de transmisión es calculada con la ecuación¹⁴:

$$n_s = \frac{d_1}{d_2} * n \quad \text{Ec. 4-1}$$

Donde:

$n_s =$ Velocidad de salida

$d_1 =$ Diámetro de la polea del motor = 4.5 plg

$d_2 =$ Diámetro de la polea del conjunto vibratorio = 3 plg

$n =$ Velocidad del motor = 1740 rpm

Reemplazando en la ecuación 4-1 se tiene:

$$n_s = \frac{4.5 \text{ plg}}{3 \text{ plg}} * 1740 \text{ rpm} = 2610 \text{ rpm}$$

Esta es la velocidad que recibe el sistema vibratorio para genera la fuerza centrífuga de las excéntricas.

La distancia entre ejes de la polea del motor con el conjunto vibratorio es de 19 plg, la longitud de paso se calcula a continuación con la siguiente ecuación:

$$L_p = 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D+d)^2}{4C} \quad \text{Ec. 4-2}$$

Donde:

$L_p =$ Longitud de paso

$C =$ Distancia entre ejes = 19 plg

$D = d_1 ; d = d_2$

Reemplazando estos valores en la ecuación 4-2 se tiene:

$$L_p = 2 * 19 \text{ plg} + 1.57(4.5 \text{ plg} + 3 \text{ plg}) + \frac{(4.5 \text{ plg} + 3 \text{ plg})^2}{4 * 19 \text{ plg}}$$

¹⁴ SHIGLEY, J. (1991). Diseño en Ingeniería Mecánica (Quinta Edición). Editorial McGRAW HILL ÍNTERAMERICANA S.A.

$$L_p = 50.51 \text{ plg}$$

Por ello se utiliza una banda en V (trapezoidal) tipo A51 (PIX – X'set) con las siguientes características:

Tabla 19. Características de la banda

Banda de sección trapezoidal		
Número de banda	Longitud de paso (plg)	Longitud interior (plg)
A51	51	50.18

Fuente: Manual Pix Belt, Classical Belt, Standards, Dimensions (Anexo7)

Determinación de la Fuerza Centrífuga en las Excéntricas

El sistema de vibración consta de cuatro excéntricas, cada una de las cuales tienen la forma y el tamaño mostrado en la figura 42 para que, por efecto del giro del motor eléctrico, generen una fuerza vibratoria.

Mediante la utilización de un software CAD se obtuvo los valores de masa y centro de masa de dichas excéntricas (Anexo 8).

La magnitud total de la fuerza centrífuga provocada por las cuatro excéntricas con velocidad angular de 2610 rpm del motor es calculada con la expresión¹⁵:

$$F_c = m \cdot a_c = m_{exc} \cdot r \cdot \omega^2 \quad \text{Ec. 4-3}$$

Donde:

$$F_c = \text{Fuerza centrífuga}$$

$$m_{exc} = \text{Masa de la excéntrica} = 1.2 \text{ Kg}$$

$$a_c = \text{Aceleración}$$

$$r = \text{Centro de masa} = 0.2566 \text{ m}$$

$$\omega = \text{Velocidad angular} = 2610 \text{ rpm} = 273.31 \text{ rad/s}$$

¹⁵ DEN HARTOG J. P. (1964). Mecánica de las vibraciones. New York: Editorial McGraw – Hill Book Company.

Reemplazando en la ecuación 4-3 se tiene:

$$F_c = 4 \left[1.2 \text{ Kg} * 0.2566 \text{ m} * (273.31 \text{ rad/s})^2 \right]$$

$$F_c = 92 \text{ kN} = 9388,21 \text{ Kg}$$

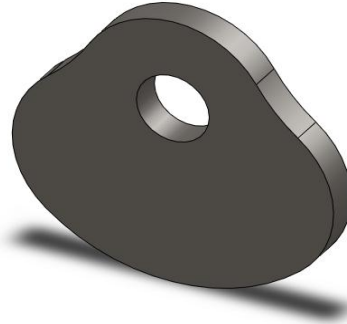


Figura 42. Modelo de las excéntricas

Fuente: Autor

Determinación de la Constante k de los Soportes Circulares de Caucho¹⁶

Las propiedades que definen el comportamiento dinámico de los compuestos de caucho son principalmente el módulo dinámico a cortadura (G) o compresión (E) y las características de forma del soporte.

La expresión del valor de k_c se define así:

$$k_c = \frac{A * E_c}{t} \quad \text{Ec. 4-4}$$

$$E_c = 1.33 * E_o (1 + \phi * S^2) \quad \text{Ec. 4-5}$$

$$S = \frac{\text{Área cargada}}{\text{Área lateral libre}} \quad \text{Ec.4-6}$$

Donde:

k_c = *Coficiente de amortiguación del caucho*

A = *Área*

E_c = *Módulo de compresión efectivo*

t = *Espesor*

¹⁶ SHERIDAN, P., James F. & Miller, T. MECHANICAL PRODUCTS, Design of components, Chapter 8. USA.

$E_o = \text{Módulo de Young del caucho} = 1 \text{ MN/m}^2$ (Anexo 9)

$\Phi = \text{Coeficiente de compresibilidad} = 0.92$

$S = \text{Factor de forma}$

Las características estructurales de los soportes circulares son las siguientes:

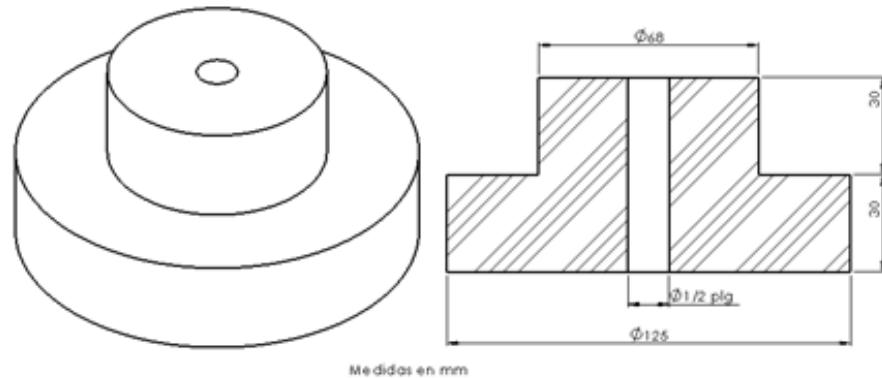


Figura 43. Soporte circular de caucho

Fuente: Autor

El área del diámetro superior soporta el peso del sistema, mientras que el área del diámetro inferior ayuda a la fijación del molde sobre dicho soporte. Teniendo como resultados:

$$\text{Área cargada} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi(0.125^2 - 0.0127^2)}{4} = 0.012 \text{ m}^2 \quad \text{Ec. 4-7}$$

$$\text{Área lateral libre} = \pi * t(D + d) = \pi * 0.03(0.125 + 0.0127) = 0.013 \text{ m}^2 \quad \text{Ec. 4-8}$$

$$S = \frac{0.012 \text{ m}^2}{0.013 \text{ m}^2} = 0.92$$

$$E_c = 1.33 * 1 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} (1 + 0.92 * 0.92^2) = 2.37 \text{ MN/m}^2$$

Reemplazando en la ecuación 4-4 se tiene:

$$k_c = \frac{0.012 \text{ m}^2 * 2.37 \text{ MN/m}^2}{0.03 \text{ m}} = 948 \text{ KN/m}$$

Determinación de la Amplitud y Aceleración del Sistema

Un factor de considerable importancia es el tiempo que dura el proceso de vibración. Este tiempo depende, entre los factores más importantes, de la frecuencia de vibración, calidad del agregado, riqueza en cemento de la mezcla; al aumentar la frecuencia disminuye el tiempo de vibrado, sin embargo, la vibración muy enérgica y prolongada puede producir efectos desfavorables, por lo tanto; la vibración se considera completa cuando la lechada de cemento empieza a fluir a la superficie. Para ello se ha tomado estos tiempos de manera experimental basándonos en las tablas 7 - 18.

La vibración en el sistema vibratorio se lo puede considerar como un caso de vibración forzada con amortiguamiento, por lo que la ecuación diferencial del movimiento es¹⁷:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = P_0 \text{Sen}\omega t \quad \text{Ec. 4-9}$$

Pero las soluciones correspondientes a la ecuación homogénea desaparecen rápidamente ($c\dot{x}$) y solo perduran las correspondientes a la solución particular, por ello se considera este caso una vibración forzada sin amortiguamiento y viene dada por la expresión:

$$m\ddot{x} + kx = P_0 \text{Sen}\omega t \quad \text{Ec. 4-10}$$

La amplitud generada por la fuerza centrífuga de las excéntricas esta expresado así:

$$x = \frac{P_0/k}{1-(\omega/\omega_n)^2} \cdot \text{Sen}\omega t \quad \text{Ec. 4-11}$$

Mientras que la ecuación rectora de la aceleración es:

$$\ddot{x} = \frac{P_0 \cdot \text{Sen}\omega t - kx}{m} \quad \text{Ec. 4-12}$$

El valor de la frecuencia natural se calcula con la siguiente expresión:

$$\omega_n = \sqrt{k/m} \quad \text{Ec. 4-13}$$

¹⁷ DEN HARTOG J. P. (1964). Mecánica de las vibraciones. New York: Editorial McGraw – Hill Book Company.

Donde:

$x = \text{Amplitud [m]}$

$\ddot{x} = \text{Aceleración [m/s}^2\text{]}$

$k_i = \text{Coeficiente de amortiguamiento de soportes circulares de caucho}$
 $= 948 \text{ kN/m} = 96734.69 \text{ Kg/m}$

$n = \text{Número de cauchos} = 4 \text{ (Amortiguación del molde)}$

$k = k_i * n = 386938.76 \text{ Kg/m}$ Ec. 4-14

$m_T = \text{Masa total del sistema} = m_1 + m_2 + m_3 + m_{exc}$

$m_{T1} = \text{Masa total del tubo de } \varnothing 200\text{mm} = 209.55 \text{ Kg}$

$m_{T2} = \text{Masa total del tubo de } \varnothing 300\text{mm} = 294.79 \text{ Kg}$

$m_1 = \text{Masa de la plataforma, eje, chumacera y rodamientos} = 14.72 \text{ Kg}$

$m_{2-1} = \text{Masa del molde completo de } \varnothing 200\text{mm} = 126.58 \text{ Kg}$

$m_{3-1} = \text{Masa del hormigón para } \varnothing 200\text{mm} = 67.05 \text{ Kg}$

$m_{2-2} = \text{Masa del molde completo de } \varnothing 300\text{mm} = 156.14 \text{ Kg}$

$m_{3-2} = \text{Masa del hormigón para } \varnothing 300\text{mm} = 122.73 \text{ Kg}$

$m_{exc} = \text{Masa de la excéntrica} = 1.2 \text{ Kg}$

$\omega = \text{Frecuencia forzada} = 273.31 \text{ rad/s}$

$\omega_n = \text{Frecuencia natural [rad/s]}$

$t_{200 \text{ mm}} = \text{Tiempo de vibración de tubos de } 200\text{mm} = 30 \text{ s.}$

$t_{300 \text{ mm}} = \text{Tiempo de vibración de tubos de } 300\text{mm} = 35 \text{ s.}$

$P_o = \text{Fuerza centrífuga} = 9388,21 \text{ Kg}$

Con el propósito de obtener una buena compactación de los tubos de hormigón, lo cual resulta una característica de vital importancia en la construcción de dichos especímenes se ha tomado en cuenta que la amplitud no debe ser menor de 0.001 plg (0.025mm) para mezclas plásticas o 0.002 plg (0.050mm) para las mezclas tiesas pero no debe de exceder a los 0.13mm para frecuencias altas o 0.15mm para bajas.¹⁸

¹⁸ AMERICAN CONCRETE INSTITUTE; Guide for Consolidation of Concrete. ACI 309R-96.

Al reemplazar los valores en las ecuaciones 4-11, 4-12 y 4-13 se tiene como resultado:

Tabla 20. Resultado de la amplitud y aceleración para tubos de 200mm.

$k = 386938.76 \text{ (Kg/m)}$	$m = 209,55 \text{ (Kg)}$	$\omega = 273,31 \text{ (rad /s)}$
$t \text{ (s)}$	$x \text{ (m)}$	$\ddot{x} \text{ (m/s}^2\text{)}$
0	0	0
3	-1,57923E-05	1,179659609
6	3,15742E-05	-2,358541163
9	-4,73353E-05	3,53586712
12	6,30651E-05	-4,710860963
15	-7,87534E-05	5,882747716
18	9,43897E-05	-7,05075445
21	-0,000109964	8,214110795
24	0,000125465	-9,372049449
27	-0,000140884	10,52380668
30	0,00015621	-11,66862285

Fuente: Autor

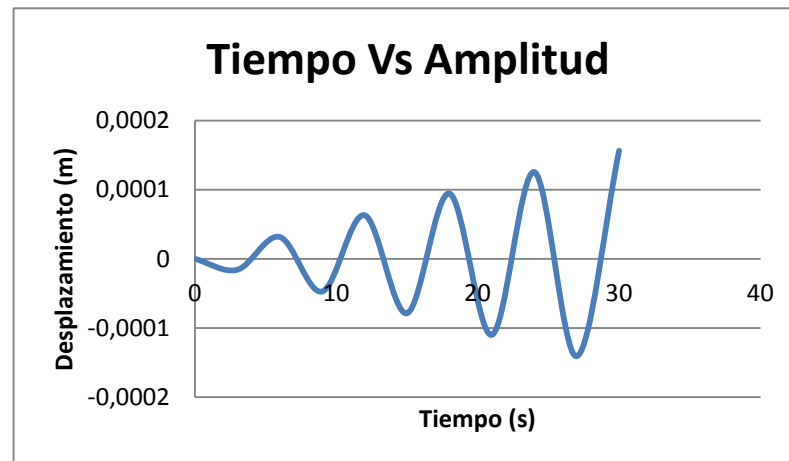


Figura 44. Gráfica del comportamiento de la amplitud en función del tiempo tubos de diámetro 200mm

Fuente: Autor

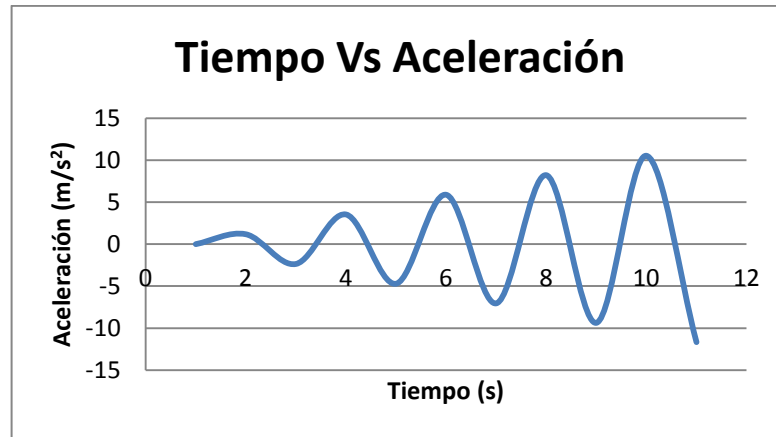


Figura 45. Gráfica del comportamiento de la aceleración en función del tiempo tubos de diámetro 200mm

Fuente: Autor

Tras un análisis de la tabla 20 y las figuras 44 y 45 se denota que la amplitud y la aceleración son directamente proporcionales con el tiempo, además está entre las recomendaciones establecidas en la “Guía de Consolidación de Concreto” pues en cuanto a la amplitud se refiere se tiene 0.15mm.

Al tener una frecuencia baja se requiere de más tiempo de vibración para obtener una buena compactación.

Tabla 21. Resultado de la amplitud y aceleración para tubos de 300mm.

$k = 386938.76 \text{ (Kg/m)}$	$m = 209,55 \text{ (Kg)}$	$\omega = 273,31 \text{ (rad /s)}$
$t \text{ (s)}$	$x \text{ (m)}$	$\ddot{x} \text{ (m/s}^2\text{)}$
0	0	0
3	-1,11442E-05	0,832454088
6	2,22811E-05	-1,664359123
9	-3,34032E-05	2,495166415
12	4,45034E-05	-3,324327998
15	-5,55741E-05	4,15129699
18	6,66083E-05	-4,975527957
21	-7,75985E-05	5,796477269
24	8,85375E-05	-6,613603463
27	-9,94181E-05	7,426367594
30	0,000110233	-8,234233598
33	-0,000120975	9,036668639
35	-0,000128093	9,568346614

Fuente: Autor

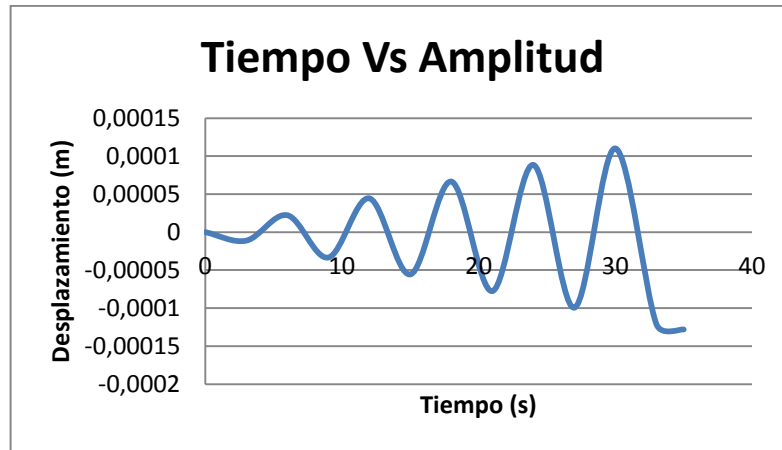


Figura 46. Gráfica del comportamiento de la amplitud en función del tiempo tubos de diámetro 300mm.

Fuente: Autor

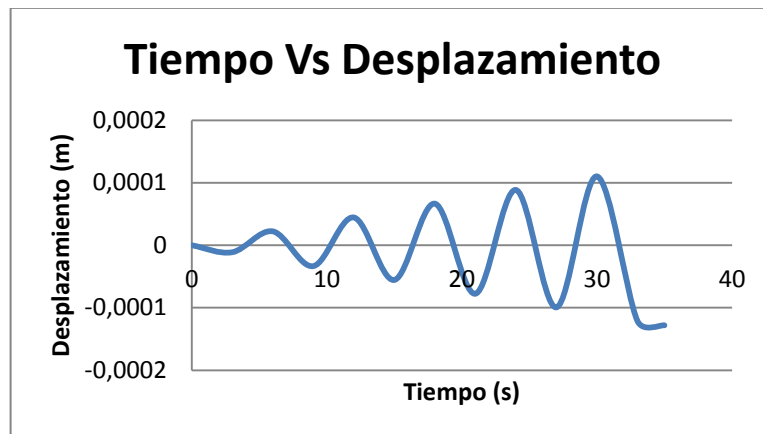


Figura 47. Gráfica del comportamiento de la aceleración en función del tiempo tubos de diámetro 200mm

Fuente: Autor

Al analizar la tabla 21 y las figuras 46 y 47 se denota también una relación directamente proporcional entre la amplitud - tiempo y aceleración - tiempo, además se denota que está entre las recomendaciones establecidas en la “Guía de Consolidación de Concreto” pues se tiene una amplitud de 0.12mm.

Al tener una frecuencia baja se requiere de más tiempo de vibración para obtener una buena compactación, además el tiempo empleado es superior dependiendo del diámetro.

CÁLCULOS Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE COMPACTACIÓN

El sistema de compactación está constituido por placas sólidas (apisonadores) que encajan en la cavidad superior del molde en el momento de la vibro - compactación. Las función de este sistema es la de consolidar el proceso de vibración mediante la aplicación de una presión y la de dar forma al extremo hembra ubicado en la campana. Una vez concluido el proceso de vibro - compactación el apisonador sube para retirar el producto.

Para dimensionar este sistema, es necesario conocer la fuerza de compresión. En el documental “Productos prefabricados de hormigón de alto rendimiento”¹⁹ se establece una compresión de 1.2 Kg/cm^2 .

El área que se necesita para la compresión es tomada de las características de los tubos de acuerdo a las medidas de productos ofertados (Tabla 2).

La compresión se realiza con un apisonador fabricado de acuerdo al diámetro de fabricación de cada tubo. En este caso el área del apisonador de 300 mm es 1102.7 cm^2 mientras que para un prefabricado de 200 mm el área es 703.72 cm^2 .

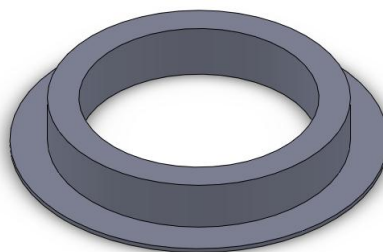


Figura 48. Apisonador de tubos de 300mm

Fuente: Autor

La fuerza requerida para tubería de hormigón de 200mm se calculo con la expresión²⁰:

$$F_{comp} = P_{comp} * A_{D200mm} \quad \text{Ec. 4-15}$$

¹⁹PRODUCTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN DE ALTO RENDIMIENTO. Parámetros de consolidación

²⁰ GODOY, P. & MORA, C. Diseño y construcción de una máquina automática para la fabricación de prefabricados de hormigón. Riobamba ESPOCH, 2009 (TESIS).

$$F_{comp} = 1.2 \text{ Kg/cm}^2 * 703.72 \text{ cm}^2$$

$$F_{comp} = 844.46 \text{ Kg} = 8.28 \text{ KN}$$

La fuerza requerida para tubería de hormigón de 300mm es:

$$F_{comp} = P_{comp} * A_{D300mm} \quad \text{Ec. 4-16}$$

$$F_{comp} = 1.2 \text{ Kg/cm}^2 * 1102.7 \text{ cm}^2$$

$$F_{comp} = 1323.24 \text{ Kg} = 12.97 \text{ KN}$$

Estas fuerzas se requieren para compactar un tubo de 200 y 300mm de diámetro y es la resistencia a vencer por parte del cilindro hidráulico.

FUERZA DE DESMOLDE²¹

Una vez producida la vibro – compactación, el molde se eleva permitiendo retirar el producto, este mecanismo es accionado mediante un cilindro hidráulico.

Las cargas que actúan sobre el mecanismo son: masa del molde interior, masa del hormigón, fuerza ejercida por la presión lateral del hormigón sobre las paredes del molde y el rozamiento del material en las paredes del molde.

La masa del molde interior de 200 mm es: 25.68 Kg.

La masa del hormigón en un tubo de 200 mm es: 47.27 Kg.

La masa del molde interior de 300 mm es: 89 Kg.

La masa del hormigón en un tubo de 300 mm es: 122.73 Kg.

Para calcular la fuerza ejercida por la presión del hormigón sobre las paredes del molde se empleo la siguiente fórmula:

$$F_a = E_a * \text{Perímetro}[\text{Kg}] \quad \text{Ec. 4-17}$$

$$E_a = K_a * \frac{w * h^2}{2} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right] \quad \text{Ec. 4-18}$$

Donde:

F_a = Fuerza lateral activa del material debido a su propio peso

E_a = Presión lateral activa del material debido a su propio peso

²¹ GODOY, P. & MORA, C. Diseño y construcción de una máquina automática para la fabricación de prefabricados de hormigón. Riobamba ESPOCH, 2009 (TESIS).

$K_a = \text{Coeficiente de presión activa lateral} = 0.22$ (Anexo 12)

$w = \text{Peso específico del hormigón} = 2000 \text{ Kg/m}^3$

$h = \text{Altura del molde} = 1.02 \text{ m}$

$\text{Perímetro}_{\text{Tubo de 200mm}} = 1.48 \text{ m}$

$\text{Perímetro}_{\text{Tubo de 300mm}} = 2.14 \text{ m}$

Reemplazando estos valores en la ecuación 4-18 se tiene:

$$E_a = 0.22 * \frac{2000 \text{ Kg/m}^3 * (1.02 \text{ m})^2}{2}$$

$$E_a = 228.88 \text{ Kg/m}$$

Para encontrar la fuerza ejercida por la presión lateral activa del hormigón sobre las paredes del molde se multiplica E_a por el perímetro del tubo en las cuales ejerce dicha presión. Teniendo como resultado:

$$F_{a\text{Tubo de 200mm}} = 338.74 \text{ Kg}$$

$$F_{a\text{Tubo de 300mm}} = 489.8 \text{ Kg}$$

Para calcular la fuerza de rozamiento que ejerce el hormigón con el molde se multiplica la masa del hormigón por el coeficiente de rozamiento así:

$$F_r = F_h * \mu \quad \text{Ec. 4-19}$$

Donde:

$F_r = \text{Fuerza de rozamiento}$

$F_h = \text{Masa de hormigón}$

$\mu = \text{coeficiente de rozamiento entre el concreto y el acero}$
 $= 0.45$ (Anexo 13)

Reemplazando los valores en la ecuación 4-19 para un tubo de 200mm se tiene:

$$F_{r\ 200\ mm} = 47.27 \text{ Kg} * 0.45$$

$$F_{r\ 200\ mm} = 21.27 \text{ Kg}$$

Mientras que para un tubo de 300mm es:

$$F_{r\ 300\ mm} = 122.73 \text{ Kg} * 0.45$$

$$F_{r\ 300\ mm} = 55.23\ Kg$$

La fuerza necesaria para el desmolde tiene que sobrepasar la suma de la masa del molde interior, masa del hormigón, fuerza ejercida por la presión lateral del hormigón sobre las paredes del molde y el rozamiento del material en las paredes del molde.

Para un tubo de 200mm:

$$F_{desm} = 25.68\ Kg + 47.27\ Kg + 338.74\ Kg + 21.27\ Kg$$

$$F_{desm} = 432.96\ Kg$$

Mientras que para un tubo de 300mm es:

$$F_{desm} = 89\ Kg + 122.73\ Kg + 489.8\ Kg + 55.23\ Kg$$

$$F_{desm} = 756.76\ Kg$$

4.3.1.3. ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

MOLDES

El molde está construido con chapa metálica soldada dispuesta de la manera mostrada en la figura 49, cumpliendo con las dimensiones normalizadas mostradas en la tabla 2.

La carga que soporta el molde corresponde a la presión ejercida por el concreto sobre las paredes debido a la compactación, considerando que el material se comporta como un fluido.

El molde está compuesto por dos partes bien definidas que son: El molde intermedio y el molde exterior, además se debe tomar en cuenta la arandela base que soporta el peso del hormigón al momento de la construcción de un tubo.

Los prefabricados de hormigón pueden ser fabricados en un sinnúmero de diámetros de acuerdo a la configuración requerida, siempre y cuando no se comprometa la integridad estructural en el grosor de sus paredes y conectores que resulten ser muy angostas o estructuralmente inestables.



Figura 49. Molde exterior e intermedio

Fuente: Autor

MOTORES

Alrededor del 70% del consumo de la energía eléctrica en la fábrica se debe al funcionamiento de los motores eléctricos.

Es significativo el hecho que los motores eléctricos, suministran en su mayor parte, la energía que mueve los accionamientos industriales, por lo que la operación y conservación de los motores en la industria, representan uno de los campos más fértiles de oportunidades en el ahorro de energía, que se traducen en una reducción en los costos de producción y en una mayor competitividad.

Los mayores ahorros de energía eléctrica se obtienen cuando el motor y su carga operan a su máxima eficiencia.

Los motores que se emplean en la empresa son monofásicos 220V AC de tipo asíncronos o motores de inducción, pues son las máquinas de impulsión eléctrica más utilizadas, además de ser sencillas, seguras y baratas. En las tablas 22 -24 se tiene los datos técnicos de los motores que se incluyen en el sistema.

Tabla 22. Datos técnicos del motor – bomba hidráulica

MOTOR - BOMBA HIDRÁULICA	
Marca	Weq
Potencia	7.5 HP
Frecuencia	60 Hz
Tensión	220 / 440 V

Tabla 22..... Continuación

Amperaje	35.57 / 7.7 A
Grado de protección	IP 55 ²²
Código	B001
Velocidad	1730 RPM

Fuente: Autor

Tabla 23. Datos técnicos de los motores para vibración

MOTORES VIBRADORES	
Marca	Weq
Potencia	3 HP
Frecuencia	60 Hz
Tensión	110 / 220 V
Amperaje	38.4 / 19.2 A
Grado de protección	IP 22 ²³
	VR001
Código	VR002
Velocidad	1740 RPM

Fuente: Autor

Tabla 24. Datos técnicos del motor de la mezcladora tipo turbina

MOTOR DE MEZCLADORA	
Marca	Weq
Potencia	7.5 HP
Frecuencia	60 Hz
Tensión	220 / 440 V
Amperaje	35.57 / 7.7 A
Grado de protección	IP 55
Código	B002
Velocidad	1730 RPM

Fuente: Autor

²² Motores fabricados con protección contra el polvo y contra el lanzamiento de agua.

²³ Motores protegidos contra cuerpo sólidos superiores a 12 mm y contra caídas de agua verticales (ángulo máx. 15°)

MANDO MANUAL HIDRÁULICO

El mando hidráulico de la Fábrica “San Jacinto” está provisto de dos válvulas de control o comando las cuales incluyen una válvula de seguridad o sobre presión y sus respectivas palancas de mando. Este sistema se compone de una tapa de entrada y salida integrada por tres tornillos de fijación. Teniendo así una configuración de circuito paralelo, con el bypass abierto en la posición centrada. Esta configuración con bypass permite el libre flujo de aceite desde la tapa de entrada hasta la salida cuando los cuerpos centrales no están siendo utilizados.



Figura 50. Mando hidráulico

Fuente: Manual Técnico Venturi Hnos. Oleohidráulica.

Mientras la palanca de accionamiento de la válvula de control esté en posición de reposo (centro) el aceite bombeado por la bomba retorna libremente al depósito, de manera que los cilindros de fuerza se mantienen inmóviles.

Una vez que se acciona la palanca de control en cualquiera de las dos direcciones, se cierra la comunicación de retorno libre al depósito y se conecta la salida de la bomba a uno de los lados del cilindro de fuerza mientras que el otro lado se conecta al retorno. De esta forma la presión suministrada por la bomba actúa sobre el pistón interior del cilindro de fuerza desplazándolo en una dirección con elevada fuerza de empuje. El movimiento de la palanca de control en la otra dirección hace el efecto contrario.

Tabla 25. Datos técnicos del mando hidráulico.

MANDO HIDRÁULICO	
Marca	Venturi Hnos. Oleohidráulica
Código	VCM 1050
Presión Máx. de trabajo	210 bar
Presión Máx. de retorno	35 bar
Caudal	50 L/min
Temperatura Máx de trabajo	80° C
Tipo de fluido	Aceite hidráulico
Viscosidad recomendada	20 a 100 mm ² /s
Tipo de accionamiento	Manual

Fuente: Manual Técnico Venturi Hnos. Oleohidráulica.

Válvula de Sobrepresión²⁴

La válvula de alivio mantiene la presión dentro de límites específicos y, al abrirse, permite que el aceite en exceso fluya a otro circuito o regrese al tanque. Puesto que los sistemas hidráulicos se diseñan para operar dentro de cierta presión.

Cuando se mantiene la palanca de mando accionada y el cilindro de fuerza llega al final de la carrera, este se detiene y no puede entrar más aceite al cilindro procedente de la bomba, la presión en el sistema comienza a crecer rápidamente llegando en muy poco tiempo a valores peligrosos que puede dañar los componentes del sistema o convertirse en un peligro potencial para el usuario. Para resolver este problema en todos los circuitos hidráulicos hay válvulas reguladoras de la presión máxima.

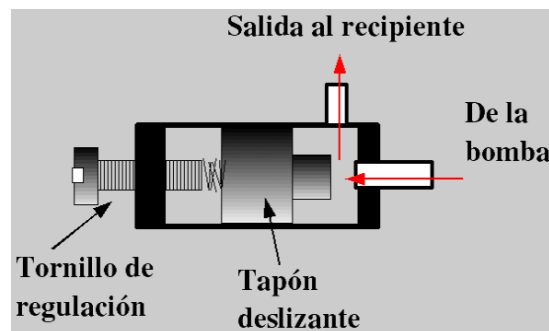


Figura 51. Válvula de alivio

Fuente: <http://www.sabelotodo.org/aparatos/hidrocircuitos.html>

²⁴ <http://www.sabelotodo.org/aparatos/hidrocircuitos.html>

En la figura 51 el conducto central está conectado a la bomba de aceite, el conducto lateral al depósito. La conexión entre el lado de alta presión procedente de la bomba y el retorno se mantiene siempre cerrada por el tapón corredizo interior debido al empuje del resorte.

Cuando la presión sobrepasa cierto valor, la fuerza de empuje levanta el tapón corredizo y la presión se alivia al depósito. De esta forma la presión del sistema nunca sobrepasa un valor asignado de seguridad que puede ser ajustado con el tornillo de regulación que empuja más o menos el resorte.

BOMBA DE PALETAS.²⁵

Las bombas de aspas o de paletas se caracterizan por su reducido tamaño en relación con la potencia suministrada, excelente rendimiento, funcionamiento silencioso, flexibilidad en las posiciones de entrada y salida de aceite y mantenimiento económico. Constan de un rotor ranurado que esta acoplado al eje de accionamiento y gira dentro de un anillo ovalado, dentro de las ranuras del rotor están colocadas las paletas, que siguen la superficie interna del anillo cuando el rotor gira. La fuerza centrífuga y la presión aplicada en la parte inferior de las paletas las mantiene apoyadas contra el anillo. Las cámaras de bombeo se forman entre las paletas, rotor, anillo y las dos placas laterales.

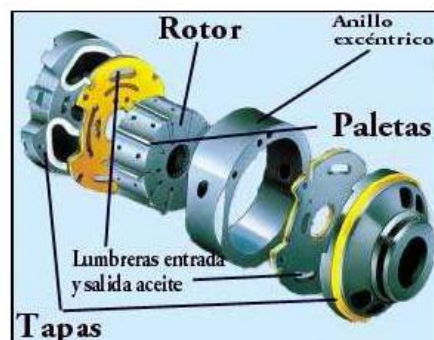


Figura 52. Bomba de paletas

Fuente: http://www.hidraulicapractica.com/videos/bombapiston_files/image380.jpg

²⁵ <http://www.brettis.com/shell/05%20TUTOR%20LUBRICACION%20SHELL%20-%20Aceites-Hidraulicos.pdf>

Un vacío parcial se crea entre a la entrada de la bomba a medida que va aumentando el espacio entre el anillo y el rotor. Al girar el rotor las paletas son las encargadas de aspirar el fluido, debido a la depresión que provocan con su giro, y de impulsarlo al exterior.

Tabla 26. Datos técnicos de la bomba de paletas.

BOMBA DEPALETAS	
Marca	FTZ HIDRAULICS
Código	CBD FB25L8S2
Presión Nominal	200 bar
Caudal	15 gal/min
Velocidad	1500 rpm
Diámetro absorción	1 plg
Diámetro descarga	¾plg

Fuente: Autor

La bomba hidráulica tendrá una cilindrada dada por la ecuación²⁶:

$$C = \frac{Q}{N} \quad \text{Ec. 4-20}$$

Donde:

$C = \text{Cilindrada}$

$Q = \text{Caudal} = 15 \text{ gal/min} = 56781 \text{ cm}^3/\text{min}$

$N = \text{Velocidad angular} = 1500 \text{ rpm}$

Reemplazando en la ecuación 4-20 se tiene:

$$C = 37.85 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}}$$

CILINDRO HIDRÁULICO²⁷

En los sistemas hidráulicos la energía es transmitida a través de tuberías. Esta energía está en función del caudal y la presión del aceite que circula en el sistema. El cilindro es el dispositivo más comúnmente utilizado para la conversión en energía mecánica. La presión del fluido determina la fuerza de empuje de un cilindro, el caudal de ese

²⁶ CREUS, A. (2011). Neumática e hidráulica (Segunda Edición). México: Alfaomega Grupo Editor.

²⁷ http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica22.htm

fluido es quien establece la velocidad de desplazamiento del mismo. La combinación de fuerza y recorrido produce trabajo, y cuando éste es realizado en un determinado tiempo produce potencia.

En la figura 53, se muestra un corte esquemático de un cilindro típico utilizado para la fabricación de tubos, al cual se denomina de doble efecto porque realiza ambas carreras por la acción del fluido.

- A. Brida de fijación.
- B. Cilindro.
- C. Disco de deslizamiento.
- D. Pistón.
- E. Anillo de tope.
- F. Aro de contención.
- r. Brida para sujeción de herramienta.

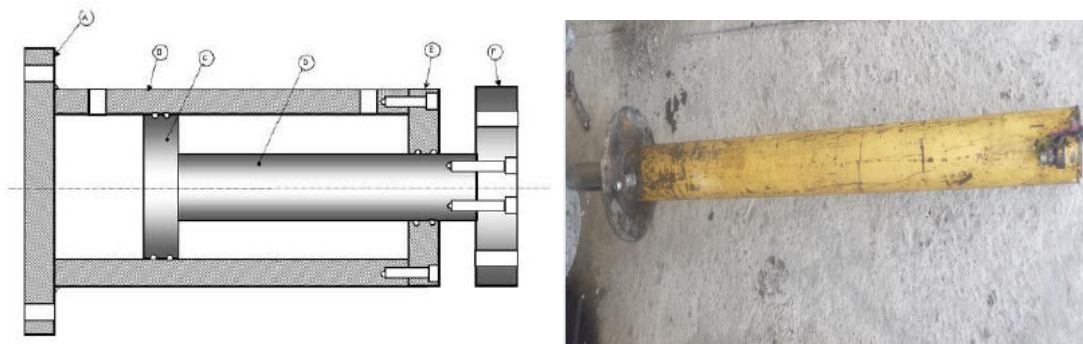


Figura 53. Esquema del cilindro neumático

Fuente: <http://www.scielo.org.pe/img/revistas/id/v8n1/a03fig12g.jpg>

Los cilindros de doble efecto son los más corrientes en aplicaciones generales. En cada extremo hay lumbreras para que el fluido accione alternadamente como admisión y como escape, estos están controlados por un selector manual mecánico.

Los cilindros que se utilizan en cada sistema fueron ya seleccionados por el fabricante. En la tabla 27 se muestra esta información, asimismo se nombra a cada uno de los actuadores con letras del alfabeto, notación empleada en adelante. Además se señala la fuerza que se debe aplicar dependiendo el diámetro del tubo de hormigón, el literal a) detalla una tubería de 200mm y b) para tubería de 300mm.

Tabla 27. Cilindros que accionan la máquina.

Cilindro	Descripción	Cantidad	Diámetro (plg)	D. Vástago (plg)	Carrera (mm)
C	Sistema de Compresión	1	4	2½	300
D	Sistema de Desmolde	1	4	2½	1255

Fuente: Autor

La presión generada en los cilindros en la extensión y retracción del pistón se calcularon con las fuerzas que actúan sobre el sistema de compactación y desmolde. Para calcular dichas presiones se empleará las siguientes ecuaciones²⁸:

$$P_{Extensión} = \frac{F}{A} = \frac{4*F}{\pi*D^2} \quad \text{Ec. 4-21}$$

$$P_{Retracción} = \frac{F}{A} = \frac{4*F}{\pi*(D^2-d^2)} \quad \text{Ec. 4-22}$$

Siendo:

P = Presión de operación

F = Fuerza

A = Área

D = Diámetro interior del cilindro

d = Diámetro del vástago del pistón

Reemplazando en las ecuaciones 4-21 y 4-22 se tiene:

Tabla 28. Presiones requeridas en los cilindros dependiendo el diámetro de tubo.

		FUERZA (KN)	PRESIÓN EXTENSIÓN (GPa)	PRESIÓN RETRACCIÓN (GPa)
CILINDRO COMPRESIÓN	a)	8.28	1.02	1.68
	b)	12.97	1.6	2.62
CILINDRO DESMOLDE	a)	4.24	0.52	0.85
	b)	7.42	0.91	1.5

Fuente: Autor

²⁸ CREUS, A. (2011). Neumática e hidráulica (Segunda Edición). México: Alfaomega Grupo Editio.

DEPÓSITO²⁹

El depósito o tanque es un elemento habitual en la mayoría de los circuitos hidráulicos y sirve para almacenar el fluido, además actúa como cámara de expansión que acepta los cambios de volumen del fluido en el circuito principal, debidos al desequilibrio volumétrico de los cilindros y/o a la contracción o expansión térmicas del fluido. Tiene que ser llenado con aceite hidráulico hasta un nivel adecuado.

Otras funciones secundarias son:

- ✓ La eliminación del aire disuelto en el sistema
- ✓ La sedimentación de los contaminantes y la disipación de calor del fluido.

No obstante, estas funciones son incompletas, ya que el depósito, por sí solo, no resulta totalmente eficaz en estas tareas secundarias.

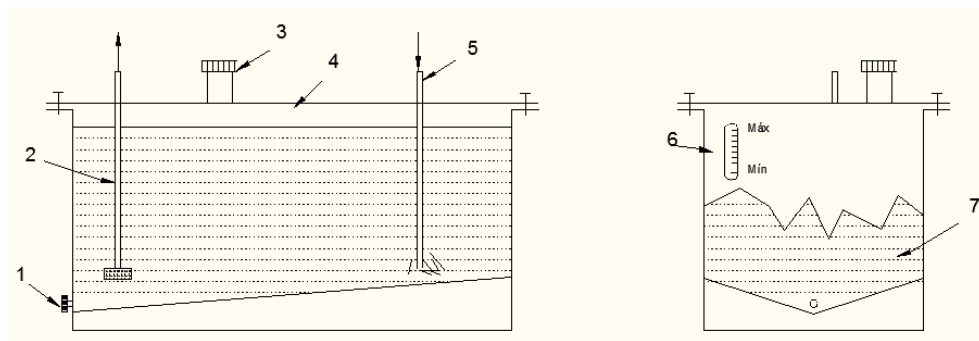


Figura 54. Detalles de depósito

Fuente: Autor

1. Tapón.
2. Conducto de aspiración.
3. Conducto de llenado de aceite.
4. Tapa de depósito
5. Conducto de retorno.
6. Indicador de nivel.
7. Aceite

²⁹ <http://es.scribd.com/doc/27330491/Manual-de-Hidraulica-y-Neumatica>

Capacidad del depósito

Se considera una capacidad 2 o 3 veces mayor del caudal de la bomba, entonces se tiene³⁰:

$$Q_{TD} = 2 * Q \quad \text{Ec. 4-23}$$

Donde:

Q_{TD} = Caudal total del depósito

Q = Caudal de la bomba

Reemplazando en la ecuación 4-23 se tiene:

$$Q_{TD} = 2 * 15 \frac{\text{gal}}{\text{min}} = 30 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

Entonces el volumen del tanque de reserva de aceite es:

$$V = Q_T * t \quad \text{Ec. 4-24}$$

$$V = 30 \frac{\text{gal}}{\text{min}} * 2 \text{ min}$$

$$\therefore V = 60 \text{ gal}$$

FLUIDO HIDRÁULICO³¹

Un fluido hidráulico de base de petróleo usado en un sistema hidráulico industrial cumple muchas funciones críticas. Debe servir no sólo como un medio para la transmisión de energía, sino como lubricante, sellante, y medio de transferencia térmica.

El fluido también debe maximizar la potencia y eficiencia minimizando el desgaste y la rotura del equipo.

El fluido que se utiliza en el sistema es un aceite hidráulico ISO 68 (Anexo 15) de la compañía Proquimsa Ltda. Que tiene las siguientes propiedades como son: Proveer una protección superior contra la oxidación y el desgaste, baja fricción, fácil

³⁰ CABRERA, S. (2011). Neumática y Oleohidráulica. Guía de Modulo.

³¹ <http://es.scribd.com/doc/58009129/Fluidos-hidraulicos>

liberación del aire, óptima característica antiespumante, buena demulsibilidad y excelente estabilidad térmica.

En la tabla 29 se muestra los datos técnicos del aceite hidráulico que se incluye en el sistema.

Tabla 29. Datos técnicos del fluido hidráulico.

ACEITE HIDRÁULICO 68 SP	
Tipo de producto	Aceite sistema hidráulico
Clasificación	ISO 68
Fabricante	Proquimsa LTDA
Color	Ámbar
Punto de inflamación	>250° C
Viscosidad	68 cSt @ 40 °C (104° F)

Fuente: Proquimsa Lubricantes

4.3.1.4. SISTEMAS AUTOMATIZADOS³²

El objetivo es gobernar la respuesta de una planta, sin que el operador intervenga directamente sobre sus elementos de salida. El operador manipula únicamente las magnitudes de consigna y el sistema de control se encarga de gobernar dicha salida a través de los accionamientos.

Tipología:

- Lazo abierto
- Lazo cerrado

³² Pomare J., Jara C. & Grupo de Innovación Educativa de autómatas. (2011). Sistemas de control automático. Obtenida el 1 de junio del 2012, de <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18968/1/Practica3.pdf>

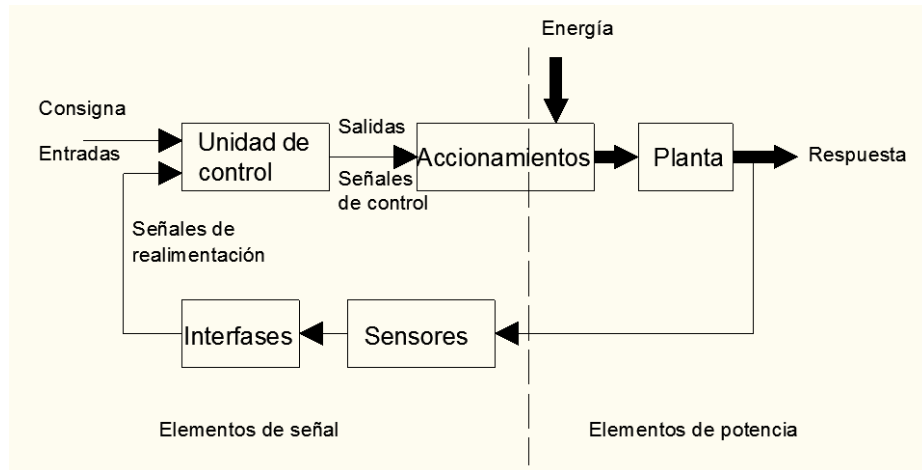


Figura 55. Sistema automatizado

Fuente: [http:// isa.uniovi.es/isawiki/index.php/sistemas_automáticos](http://isa.uniovi.es/isawiki/index.php/sistemas_automáticos)

Elementos de un Sistema de Control

Planta:

- Funciona en sistema lazo abierto o cerrado

Unidad de control

- Decide operaciones a realizar
- Trabaja con señales

Accionamientos

- El sistema de control gobierna la planta a través de los accionamientos
- Equivalen a un amplificador de potencia donde la entrada con las salidas son de baja potencia de control

Transductores: sensor + interfaz

- El sensor convierte las magnitudes físicas de la planta en magnitudes eléctricas
- La interfaz adapta las señales del sensor a las entradas del sistema de control

Lazo Abierto³³

El sistema de control no recibe información del comportamiento de la planta es decir son aquellos sistemas en los que la variable de salida (variable controlada) no tiene efecto sobre la acción de control (variable de control).

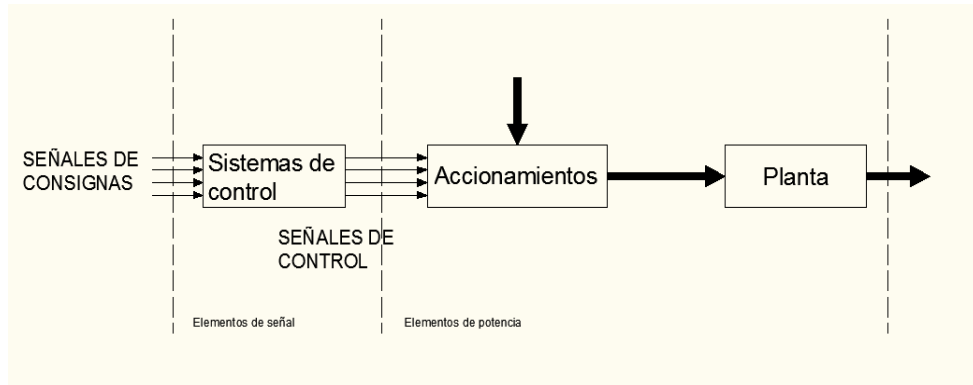


Figura 56. Lazo abierto

Fuente: http://isa.uniovi.es/isawiki/index.php/sistemas_automáticos

Estos sistemas se caracterizan por:

- Ser sencillos y de fácil concepto.
- No se asegura su estabilidad ante una perturbación.
- La salida no se compara con la entrada.
- Ser sensible a las perturbaciones que se produzcan sobre la planta.
- La precisión depende de la previa calibración del sistema.

Lazo Cerrado

Existe una realimentación a través de los sensores desde la planta hacia el sistema de control. Es decir son aquellos sistemas en los que la señal de salida del sistema (variable controlada) tiene efecto directo sobre la acción de control (variable de control).

³³ Pomare J., Jara C. & Grupo de Innovación Educativa de autómatas. (2011). Sistemas de control automático. Obtenida el 1 de junio del 2012, de <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18968/1/Practica3.pdf>

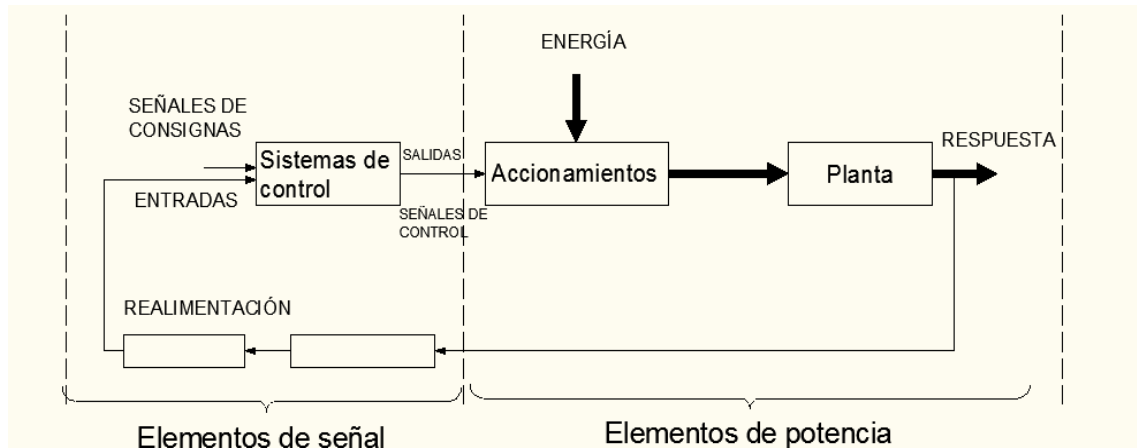


Figura 57. Lazo cerrado

Fuente: http://isa.uniovi.es/isawiki/index.php/sistemas_automáticos

El control en lazo cerrado es imprescindible cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- Cuando un proceso no es posible de regular por el hombre.
- Existencia de producción a gran escala que exige grandes instalaciones y el hombre no es capaz de manejar.
- Vigilar un proceso es especialmente duro en algunos casos y requiere una atención que el hombre puede perder fácilmente por cansancio o despiste, con los consiguientes riesgos que ello pueda ocasionar al trabajador y al proceso.

Sus características son:

- Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.
- La salida se compara con la entrada y le afecta para el control del sistema.
- Su propiedad de retroalimentación.
- Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas.

Tecnología Para la Automatización³⁴

Tecnología Cableada

Son uniones físicas entre los elementos que constituyen la Unidad de Control.

³⁴ Ojeda, W. (n.d.). Introducción al estudio de automatismos. Obtenida el 23 de Abril del 2012, de <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=ventajas+de+un+microprocesador+industrial&source=web&cd=15&ved=0CD4QFjAEOAo&url=http%3A%2F%2Fwww.fing.edu.uy>

Familias tecnológicas:

- ✓ Mecánicos
- ✓ Neumáticos
- ✓ Hidráulicos
- ✓ Eléctricos
- ✓ Electrónicos, etc.

Tecnología Programada

Utilización de dispositivos capaces de ejecutar algoritmos, dotados de entradas y salidas analógicas o digitales.

Familias tecnológicas:

- ✓ Micro controladores
- ✓ Autómatas Programables (PLCs)
- ✓ PCs industriales

En la tabla 30 se presentan las principales ventajas y desventajas que conllevan las tecnologías antes mencionadas.

Tabla 30. Diferencias entre tecnologías de automatización

Tecnología	Ventajas	Desventajas
Cableada	<ul style="list-style-type: none">✓ Simplicidad✓ Adecuadas para problemas sencillos	<ul style="list-style-type: none">✓ Ocupa mucho espacio.✓ Poca flexibilidad.✓ Mantenimiento costoso.✓ No adaptados a funciones de control complejas.✓ Crea automatismos rígidos, sin posibilidad de cambiar variables y parámetros.✓ Es cara
Programada	<ul style="list-style-type: none">✓ Flexibilidad✓ Ocupan poco espacio✓ El costo compensa para	<ul style="list-style-type: none">✓ Complicados y caros para aplicaciones simples.

Tabla 30..... Continuación.

Programada	aplicaciones de complicación alta ✓ Mantenimiento sencillo ✓ Admite cambios a través del software que incorpora.	✓ Complicados y caros para aplicaciones simples.
------------	--	--

Fuente: Autor

Tabla 31. Diferencias de las familias tecnologías programadas

Tecnología	Ventajas	Desventajas
Micro controladores	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Governa una sola tarea con el programa que reside en su memoria ✓ Tamaño reducido ✓ Económico ✓ Abarca todos los componentes de un microprocesador en un solo chip ✓ Se puede programar, borrar y reprogramar 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programación integrada compleja ✓ Capacidad de memoria relativamente pequeña. ✓ Capacidad limitada para manejo de corriente. ✓ Interfaz multimedia nula.
Autómatas Programables (PLCs)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Equipo industrial robusto diseñado para soportar vibraciones, temperatura, humedad y ruido. ✓ Programación fácil y lenguaje de programación fácil de entender ✓ Capacidad grande de almacenamiento de programas para su posterior 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Es costoso pero se compensa para aplicaciones de complicación alta ✓ Siempre es difícil encontrar errores, y requieren mano de obra experta. ✓ Cuando se produce un problema, el

Tabla 31..... Continuación.

<p>Autómatas Programables (PLCs)</p>	<p>y rápido funcionamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado y añadir aparatos. ✓ Ocupa poco espacio ✓ Menor coste de mano de obra de la instalación ✓ Economía de mantenimiento. ✓ Aumenta la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles. ✓ Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata. ✓ Permite variar periódicamente los procesos de producción ✓ Larga vida útil 	<p>tiempo de retención es de carácter indefinido, por lo general mucho tiempo.</p>
<p>PCs industriales</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hardware robusto ✓ Combina lógica, control y visualización en una unidad. ✓ Detectar eventos además puede generar reportes e informes ✓ Almacenamiento de datos no volátiles ✓ Funcionalidad basada en web 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No están diseñadas para ambientes rugosos ✓ Sistemas operativos especiales ✓ Costoso

Fuente: Autor

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO IMPLEMENTADO

La tipología utilizada fue de lazo cerrado por que la señal de salida tiene efecto directo sobre el sistema de control. Debido a que la técnica de fabricación de tubos de hormigón depende de varios parámetros como son: colocación del material en el molde, tiempo de vibro – compactación, presión de los cilindros en la compactación y desmolde, cuidado del personal (seguridad industrial), además control de la mezcladora para proveer al sistema de hormigón.

Se utilizó una tecnología programable con la ayuda de un PLC (Control Lógico Programable) que se considera el elemento principal en el desarrollo de la propuesta. Pues debido a la gran gama de productos fabricados se debe utilizar un programa indistinto para cada diámetro de tubos en los cuales refleje las características que las Normas INEN exigen. Además se utiliza esta tecnología porque los procesos de producción experimentan una secuencia repetitiva fija de operaciones que envuelve pasos y decisiones lógicas.

Es de destacar que en la tecnología programada la parte de control se realiza mediante la confección de un programa residente en la memoria de unidad de control. Teniendo como ventaja que el equipo puede cambiar la secuencia de operación mediante el software, adaptando variaciones en el producto. Creando de esta manera automatismos flexibles.

El PLC incluye funciones de comando, control, señalización, protección y potencia. El comando de circuitos oleohidráulicos depende de los circuitos eléctricos.

LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN³⁵

Diagrama Ladder

El editor ladder (Diagrama de contactos) permite crear programas con componentes similares a los elementos de un esquema de circuitos. Básicamente, los programas hacen que la CPU emule la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada que, a su vez, habilitan condiciones lógicas de salida

³⁵ <http://es.scribd.com/doc/95779015/IntroduccionPLC-clases1>

Observaciones:

- ✓ La lógica se divide en unidades pequeñas y de fácil comprensión llamadas “segmentos” o “networks”.
- ✓ El programa se ejecuta segmento por segmento, de izquierda a derecha, y luego de arriba a abajo.
- ✓ Tras alcanzar la CPU el final del programa, comienza nuevamente en la primera operación del mismo.

Ventajas del lenguaje ladder:

- ✓ El lenguaje facilita el trabajo a los programadores principiantes.
- ✓ La representación gráfica es a menudo fácil de comprender, siendo popular en el mundo entero.
- ✓ El editor AWL siempre se puede utilizar para visualizar un programa creado en ladder.

Funciones básicas:

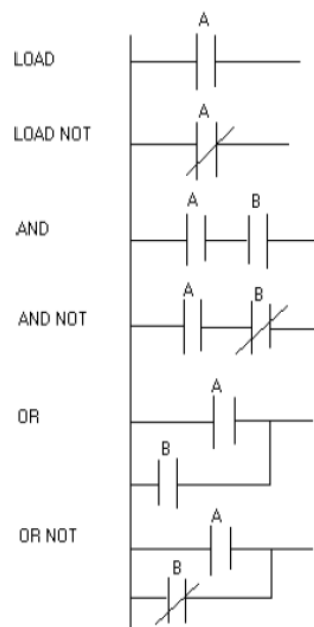


Figura 58. Funciones básicas del editor ladder

Fuente: Instrumentación industrial, wojeda@fing.edu.uy

SELECCIÓN DEL PLC

Para la selección del PLC se consideró los siguientes aspectos:

- ✓ Principalmente tiene una fácil conexión con la PC.
- ✓ Posee las suficientes entradas y salidas digitales para el sistema de control que se quiere implementar en la prensa vibro – compactadora.
- ✓ El tipo las entradas y salidas del autómatas se adapta a las necesidades del proceso de producción.
- ✓ Alta capacidad de memoria
- ✓ Son aptos para conectarse con periféricos de comunicación.
- ✓ Tensión de alimentación disponible.
- ✓ Simplicidad para la programación del mismo.
- ✓ Abundante información y ayuda de la empresa distribuidora del equipo
- ✓ Software incluido con la compra del PLC, debido a que muchos proveedores venden el software aparte y con precios elevados.
- ✓ Su bajo costo que tiene en el mercado.

Tomando en cuenta los aspectos anteriores se seleccionó el PLC FP4020MR – L0808R de la marca RENU Electronics Pvt. Ltd (Anexo 16) que tiene las siguientes características³⁶:

- ✓ Panel de Operador.
- ✓ Las funciones de la interfaz de operador de los FlexiPanels giran alrededor de Pantallas (Screens) y Tareas (Tasks) que pueden ser asignadas a pantallas y aplicaciones.
- ✓ LCD alfanumérica 16 x 2 Multicolor con Backlight.
- ✓ Soporta Entradas/Salidas Digitales (OC / Relays)
- ✓ 16 (8 In/ 8 Out)
- ✓ Interfaz para módulos de ampliación.
- ✓ Contadores de Alta velocidad y Temporizadores
- ✓ Editor Ladder con potente set de instrucciones

³⁶ Catálogo FlexiPanels. PLC FP 4020.

- ✓ Soporta RTC, Recetas, Alarmas (Tiempo Real e Históricos) y gráficos de barras.
- ✓ Puertos de Comunicación:
Un puerto serial con niveles RS232 / 422 / 485 para PLC / Impresora / Puerto de Programación
Un puerto USB como Puerto de Programación
- ✓ Teclas de Funciones definidas por el usuario para soportar varias tareas
- ✓ Teclado Numérico para fácil ingreso de datos
- ✓ Alimentación a 24 VDC (externa)
- ✓ Software de Programación común para toda la familia FlexiPanels™ gratis.

4.3.1.5. SISTEMA ELÉCTRICO.

CARACTERÍSTICAS Y REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS QUE CONFORMAN LA PRENSA VIBRO COMPACTADORA

El control eléctrico y automático de la máquina requiere una serie de elementos eléctricos y electrónicos, los cuales funcionaran en conjunto para obtener un mando del sistema eléctrico óptimo, evitando una parada innecesaria de la producción.

Tomando en cuenta todo tipo de seguridad, cada uno de los elementos eléctricos y electrónicos se analizó previamente. Es importante destacar que cada elemento se seleccionó de acuerdo al voltaje e intensidad que se requiere. Accionando a una serie de elementos que se encargarán de actuar en conjunto con el sistema hidráulico, mediante las electroválvulas.

De acuerdo a los actuadores mencionados anteriormente, nuestro sistema de potencia va está compuesto principalmente de 4 motores eléctricos, cada uno tiene su protección térmica y magnética, accionados por contactores, debido a que el proceso es automático, la conexión entre los diferentes componentes eléctricos se realizó mediante borneras si se requieren, además se tiene luces indicadoras que permiten estar pendiente del proceso manual o automático que se puede escoger mediante un selector de 3 posiciones.

El proceso automático, está dirigido mediante un PLC que controla el ciclo establecido en el diseño del sistema hidráulico y eléctrico, por tanto, controla la señal de entrada de cuatro sensores magnéticos (finales de carrera), posicionamiento manual o automática, inicio de ciclo o paro de emergencia, también activa las salidas a dos electroválvulas 4/3, cuatro motores de los sistemas de mezclado, bomba hidráulica y vibración y además las salidas del proceso manual.

Los diagramas correspondientes al circuito eléctrico se lo pueden dividir en dos partes:

- ✓ Circuito de potencia
- ✓ Circuito de control

CIRCUITO DE POTENCIA

El diagrama del circuito de potencia de motores tiene conexiones directas monofásicas 220V AC en todos sus sistemas como son: mezclado, bomba hidráulica y vibración. Todos los cuales están provistos de protección magnética, relés térmicos y contactores. El puenteo que se realiza entre el terminal 4 del relé térmico y el 5 del contactor se debe a que tiene que estar energizado las tres líneas del térmico para que protejan el motor y se dispare el relé cuando haya sobrecarga del motor.

El diagrama del circuito de comando de las electroválvulas tiene las conexiones de los solenoides de los distribuidores hidráulicos, que trabajan a 110V AC con una protección de brecker y dotación de relés auxiliares electromecánicos que son accionados por el PLC o por el mando manual, los solenoides accionan la extensión y la retracción de los cilindros hidráulicos.

La figura 59 representa el circuito de potencia utilizada en la prensa vibro - compactadora, comprobando el funcionamiento del sistema diseñado, asimismo se muestra la simbología de los elementos que conforman el sistema.

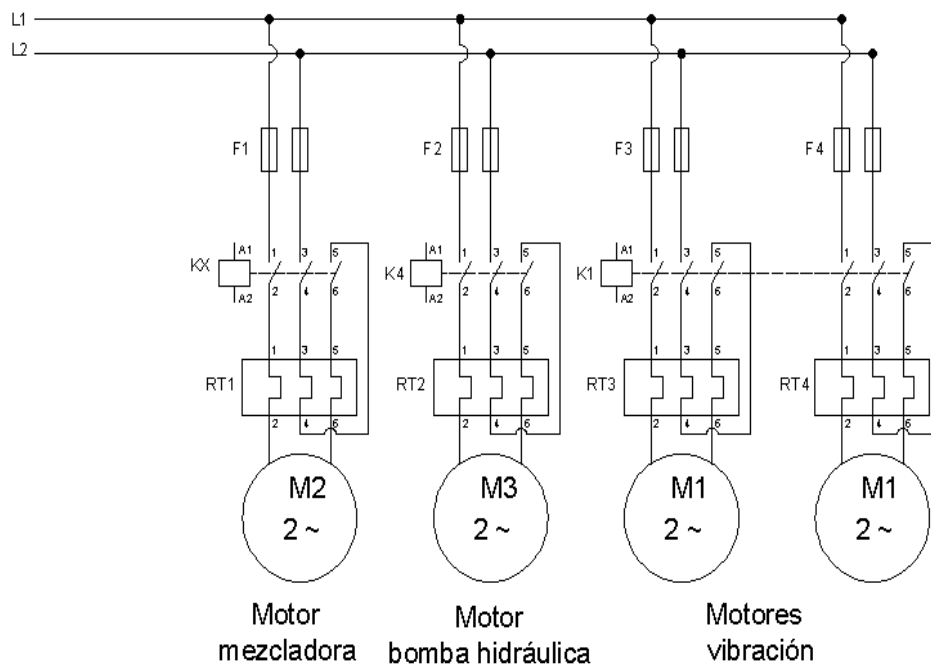


Figura 59. Circuito de potencia

Fuente: Autor

Donde:

F1, F2, F3, F4: Protección magnética

KX, K1, K4: Contactores de accionamiento de motores

RT1, RT2, RT3, RT4: Relés térmicos

M1, M2, M3, M4: Motores trifásicos

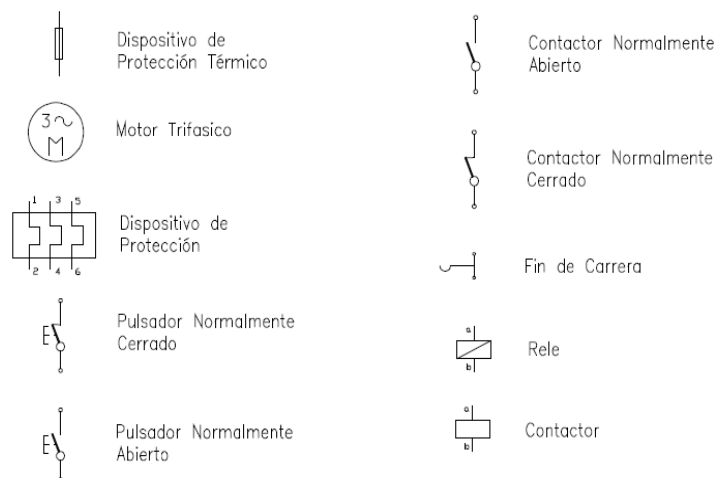


Figura 60. Nomenclatura utilizada en sistemas eléctricos

Fuente: Autor

CIRCUITO DE CONTROL

El circuito eléctrico de control se desarrolla en dos esquemas:

El diagrama de conexiones del PLC (figura 61) describe el orden de entradas y salidas a conectar en la base, los voltajes que se utilizan en los comunes de las salidas son 220V AC, mientras que en las salidas a transistor se utiliza un voltaje de 24VDC.

El circuito de comando tiene 2 posiciones, automático y manual.

El circuito de control manual (figura 62) comanda el motor del sistema hidráulico y vibratorio a través de interruptores. También controla los solenoides de las electroválvulas mediante pulsadores; al activar el modo manual se habilita la salida Y5 y deshabilita las restantes salidas del PLC energizando las bobinas del relé auxiliar con lo que se cierran los contactos normalmente abiertos y permiten el paso de corriente hacia los distintos elementos eléctricos ya mencionados. Se lo utiliza cuando haya un paro de emergencia o en el final de las jornadas.

El circuito eléctrico de control automático (figura 63) gobierna el proceso automático mediante un PLC controlando las salidas de las electroválvulas de compresión y desmolde con la ayuda de relés auxiliares que permiten que se energicen las bobinas de las electroválvulas. Además controla el funcionamiento de los motores a través de las bobinas de los contactores ya sea del sistema de vibración o bomba hidráulica.

El motor de la mezcladora no es controlado por el PLC ya que este sistema es muy independiente al sistema de vibro – compactación.

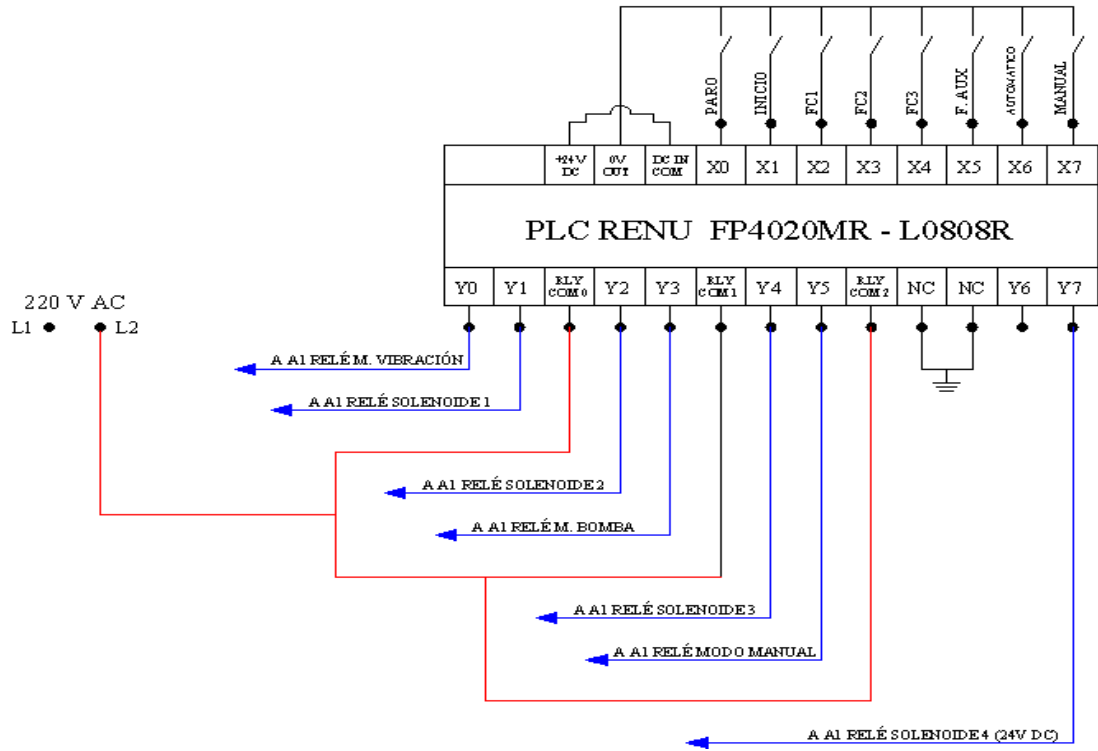


Figura 61. Circuito de conexiones del PLC

Fuente: Autor

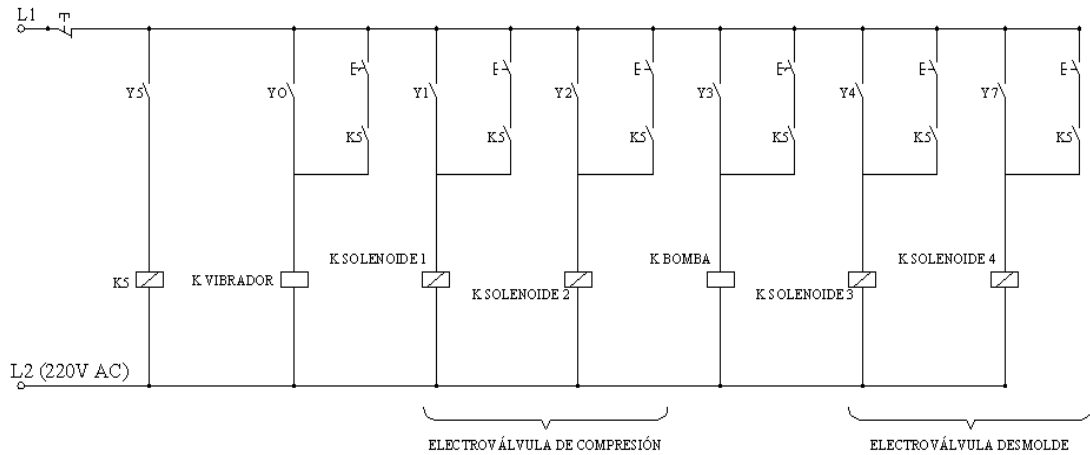


Figura 62. Circuito de control manual

Fuente: Autor

Donde:

P1: Pulsador de inicio

P01: Pulsador de parada de emergencia

FC1: Final de carrera 1 se activa al colocar el brazo compresor en posición de trabajo.

KA: Bobina auxiliar que permite la colocación de arandela base y puesta a punto del molde.

KB: Bobina auxiliar que permite vibrar para auto - acomodar el hormigón.

K1: Bobina auxiliar energizadora de M1 (motores de vibración). Esta bobina se activa gracias a KB y KG.

KC: Bobina auxiliar que permite retirar material excesivo.

KD: Bobina auxiliar de condicionamiento de FC1.

KE: Bobina auxiliar de respuesta al ser energizado FC1.

K2: Bobina auxiliar energizadora de SOL1 (Solenoides 1 de electroválvula de compresión), las bobinas auxiliares involucrados en la activación son KM, KO, KQ, KF2 y KF6.

K3: Bobina auxiliar energizadora de SOL2 (Solenoides 2 de electroválvula de compresión), las bobinas auxiliares que ayudan al correcto funcionamiento son KS, KF4, KF8, KF10 y KF14.

K4: Bobina auxiliar energizador de M2 (motor de bomba hidráulica). Esta bobina se activa con ayuda de la bobina KF.

FC2: Final de carrera 2 al colocar el brazo compresor en posición de reposo.

KH: Bobina auxiliar de condicionamiento de FC2 e iniciar el desmolde.

KI: Bobina auxiliar de respuesta al ser energizado FC2.

K5: Bobina auxiliar de activación de SOL3 (Solenoides 3 de electroválvula de desmolde).

KJ: Bobina auxiliar que permite colocar los cauchos en los extremos y la canastilla transportadora para su posterior traslado al área de fraguado y curado.

AUX: Final de carrera que emite señal al terminar el proceso de KJ. Permite que se active SOL4.

K6: Bobina auxiliar para activación de SOL4 (Solenoides 4 de Electroválvula de desmolde).

FC3: Final de carrera 3 que emite señal cuando el cilindro de desmolde llegó a posición de reposo, cortando la energización de SOL4.

KÑ: Bobina auxiliar limitante a que se repita el ciclo de producción de tubos.

KK: Bobina auxiliar de reactivación del proceso.

RT1.....RT32: Temporizadores con retardo a la excitación.

DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS

De acuerdo a las tablas 22 - 24 las cargas que debemos considerar para el cálculo eléctrico son:

Tabla 32. Cargas que actúan en el sistema eléctrico

ACTUADORES	POTENCIA (HP)
Motor Bomba Hidráulica	7.5
Motores Vibradores	3
Motor de mezcladora	7.5

Fuente: Autor

Selección de Conductores Eléctricos³⁷

Los conductores son cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad. Un conductor eléctrico está formado primeramente por el alma, usualmente de cobre o aluminio, aislamiento que evita que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, los materiales aislantes más usados son los polímeros. Además cuenta con una cubierta protectora que protege la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos.

El conductor puede ser alambre, es decir, una sola hebra o un cable formado por varias hebras o alambres retorcidos entre sí.

³⁷ Araya, J. & Sandoval, F. (2001). Conductores Eléctricos (1^{ra} ed.). Chile.

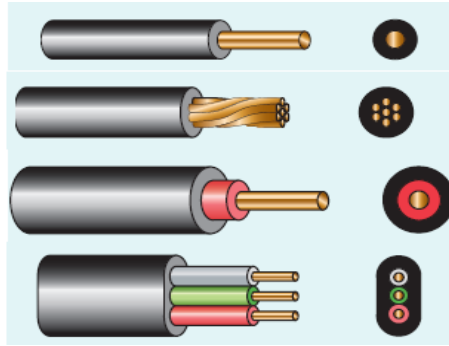


Figura 64. Conductores eléctricos

Fuente: Pro Cobre – La conexión vital

Los conductores fueron seleccionados de acuerdo a la intensidad que circula por cada uno de ellos debido a la energización de actuadores.

Línea de Alimentación para Motores³⁸

Para el cálculo del sistema eléctrico utilizado en la máquina, se tomó como referencia la intensidad a plena carga que se detalla en la placa de cada motores de acuerdo a la tensión que se utiliza (220 V).

- ✓ Intensidad del motor de la bomba hidráulica = 38 A
- ✓ Intensidad de motor vibrador = 24 A
- ✓ Intensidad de motor mezcladora = 38 A

Calibre de conductor según Tabla CABLEC # 10 THHN FLEX (Anexo 17)

Para el Alimentador

Se destaca que los motores trabajan en forma intermitente, el amperaje de los conductores que alimentan el grupo debe ser como mínimo igual a la suma de las corrientes nominales de los motores, más un 25% de la corriente nominal del motor de mayor potencia perteneciente al grupo.

El factor de régimen intermitente a 5 minutos de operación es de 0.85 (Anexo 18).

- ✓ Intensidad del motor de la bomba hidráulica = $38 \text{ A} * 0.85 = 32.3 \text{ A}$
- ✓ Intensidad de motores vibradores = $2 * 24 \text{ A} * 0.85 = 40.8 \text{ A}$
- ✓ Intensidad de motor mezcladora = $38 \text{ A} * 0.85 = 32.3 \text{ A}$

³⁸ <http://pdf.rincondelvago.com/motores.html>

Los motores de mayor potencia son los pertenecientes al sistema de la bomba hidráulica y de la mezcladora por ello:

$$\checkmark \text{ Motor de 7.5 HP} = 38 \text{ A} * 0.25 = 9.5 \text{ A}$$

El resultado de la suma de las intensidades es: 115 A

Calibre de conductor según Tabla CABLEC # 4 THHN FLEX (Anexo 17)

Selección de Elementos de Protección

*Protección Magnética*³⁹

Esta protección depende de un relé magnético que esta constituido por un bucle magnético cuyo efecto libera el cierre de bloqueo de los contactos, provocando así el corte en caso de sobre intensidad elevada o corto circuitos.



Figura 65. Relé magnético

Fuente: Manual electrotécnico Telesquemario.

La protección magnética depende de la intensidad.

Protección para el alimentador

$$I_{prot} = 2.5 * I_{motormayor} + \sum I_{motores} + \sum I_{otrascargas} \quad \text{Ec. 4-25}$$

$$I_{prot} = 2.5 * 38 \text{ A} + 2 * 38 \text{ A} + 2 * 24 \text{ A}$$

$$I_{prot} = 219 \text{ A}$$

Brecker LG 210 A (Anexo 19)

³⁹ http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo1/interruptores.html

Protección para las derivaciones

$$I_{prot} = 2.5 * I_{motor}$$

Ec. 4-26

- ✓ Para los motores de 3 HP:

$$I_{prot} = 2.5 * 24 A = 60 A$$

Brecker LG 75 A (Anexo 19)

- ✓ Para los motores de 7.5 HP:

$$I_{prot} = 2.5 * 38 A = 95 A$$

Brecker LG100 A (Anexo 19)

Protección Térmica⁴⁰

Esta protección depende de un relé térmico también llamado guarda motor que está constituido por un termo elemento cuyo calentamiento por encima de los valores normales de funcionamiento provoca una deformación que libera el cierre de bloqueo de los contactos. El tiempo de reacción de un termoelemento es inversamente proporcional a la intensidad de la corriente.

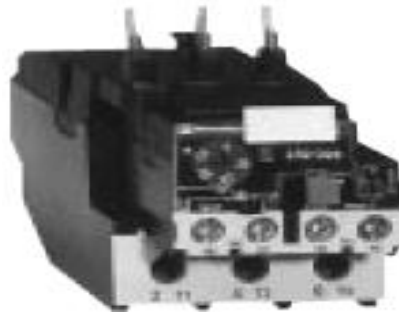


Figura 66. Relé térmico

Fuente: Manual electrotécnico Telesquemario.

$$I_N = 1.25 * I_{motor}$$

Ec. 4-27

- ✓ Para los motores de 3 HP:

$$I_N = 1.25 * 24 A = 30 A$$

Relé térmico GTK –40 (24 – 36) (Anexo 20)

⁴⁰ http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo1/interruptores.html

- ✓ Para los motores de 7.5 HP:

$$I_N = 1.25 * 38 A = 47.5 A$$

Relé térmico GTK - 85 (34 – 50) (Anexo 20)

Relés Auxiliares⁴¹

Estos dispositivos pueden establecer o interrumpir corrientes con una corriente de control de baja intensidad, funcionan en servicio intermitente o continuo además reciben órdenes a distancia desde cualquier aparato que emita señales de tensión (interfaces de diálogo hombre / máquina, salidas de autómatas programables, etc).

Estos relés se utilizaron para las siguientes partes del tablero:

- ✓ Sistema manual del proceso.
- ✓ Activación de las bobinas de las electroválvulas.
- ✓ Activación de las bobinas de los contactores.

Debido a su bajo costo, además tiene la ventaja que son pequeños y no ocupan demasiado espacio el cual es de consideración ya que el tablero que se utilizó no es tan espacioso y sobre todo su vida mecánica y eléctrica está por el orden de 20 mil y 100 mil operaciones, por lo tanto se utilizó relés auxiliares con las siguientes características:

Tabla 33. Características del relé auxiliar

RELÉ	CARACTERÍSTICAS
Marca	CAMSCO
Código	C10A10X
Contactos	$I_{m\acute{a}x} = 10 A$ $V_{m\acute{a}x} = 250 v$ $I_{m\acute{i}n} = 10 mA$
Bobina	$I = 32 mA$ $V_{cc} = 220 v$ $P_N = 0,7 W$
Código de la base	S8 Y S12

Fuente: Autor

⁴¹ http://www.cadime.org.ar/revista/pdf/Farina__Rels_Auxiliares_AE139.pdf

Al conocer las características de los actuadores y definida con que tensión trabajar se determinó trabajar con los siguientes contactores.

- ✓ Para los motores de 3 HP con 18 A de intensidad:
Contactor LG GMC - 22 con bobinas 220V AC. (Anexo 21)
- ✓ Para los motores de 7.5 HP con 38 A de intensidad:
Contactor LG GMC - 50 con bobinas 220V AC. (Anexo 21)

Selección de Selectores, Pulsadores y Luces Indicadoras.

Los elementos sensores, actuadores e indicadores los cuales realizan maniobras de activado y desactivado en un proceso de control fueron elegidos tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Disponibilidad en el mercado.
- ✓ Durabilidad.
- ✓ Capacidad de los contactos.
- ✓ Tipo de montaje.
- ✓ Precio.

De acuerdo a los aspectos antes mencionados se optó por elegir:

Para la selección entre la operación manual y automática de la máquina un selector de tres posiciones con contacto con retención.

Tabla 34. Características del selector de 2 posiciones

SELECTOR	CARACTERÍSTICAS
Marca	SIEMENS
Modelo	3SB3 10-2DA11
Nº de posiciones	2 posiciones
Tipo	Contacto con retención
Equipamiento	2 contactos NA

Fuente: Autor



Figura 69. Selector de 3 posiciones

Fuente: Autor

Para el inicio del ciclo automático o manual, el avance y retroceso los cilindros se utilizó pulsadores de botón plano:

Tabla 35. Características de los pulsadores

PULSADOR	CARACTERÍSTICAS
Marca	SIEMENS
Modelo	3SB3 01-0AA11/31/41
Colores	Rojo y verde
Tipo	Botón plano
Equipamiento	1 NA + 1 NC

Fuente: Autor



Figura 70. Pulsadores eléctricos

Fuente: Autor

Para indicar al operador que se encuentra encendido el sistema, se utilizó luces indicadoras con argollas concéntricas

Tabla 36. Características de luces piloto

PULSADOR	CARACTERÍSTICAS
Marca	SIEMENS
Colores	Rojo y verde
Tipo	Argollas concéntricas
Voltaje de operación	AC 110 V

Fuente: Autor



Figura 71. Pulsadores eléctricos

Fuente: Autor

Selección de Elementos Adicionales.

Para seleccionar estos elementos se tomó en cuenta principalmente un bajo costo ya que estos permanecerán estáticos sin desgastarse en exceso, por lo tanto para alojar a los conductores eléctricos se utilizó canaletas ranuradas color gris de 50 mm x 50 mm, también se utilizó rieles DIN metálicos donde se montaron los breckers, contactores, relés auxiliares y borneras; además para la conexión de conductores dentro del tablero de control y conductores que llegan del exterior se utilizó borneras.



Figura 72. Canaletas, borneras y riel DIN

Fuente: Autor

4.3.1.6. SISTEMA HIDRÁULICO

El sistema hidráulico presenta una gran versatilidad en lo que se refiere a la sincronización y control de movimientos, ya que se cuenta con una amplia variedad de elementos normalizados disponibles en el mercado, satisfaciendo los requerimientos de varios tipos de máquinas y sistemas, como es el caso de la prensa vibro - compactadora.

El sistema hidráulico de esta máquina cumple dos funciones y son:

- ✓ Controlar el funcionamiento de cada uno de los actuadores para efectuar un ciclo de trabajo.
- ✓ Proporcionar la energía (líquido comprimido) para el accionamiento de los cilindros.

Para esto se elaboran diagramas espacio - fase, espacio - tiempo y de mando, para finalmente establecer el diseño del circuito.

CIRCUITOS SECUENCIALES⁴³

Se denominan circuitos secuenciales a aquellos cuyo comportamiento esta determinado, o es consecuencia de las salidas, es decir los actuadores que accionan a otros de manera coordinada con el fin de cumplir un ciclo.

⁴³ MANUAL DE INGENIERÍA MECÁNICA II Tomo; Editorial Cultural S.A.; Madrid, España

Para efectuar el diseño y análisis de circuitos secuenciales se empleó varias herramientas como tablas y gráficos, en las que se detalló la secuencia de movimientos de cada uno de los actuadores seleccionando así los componentes que deben estar presentes en el circuito.

Desarrollo Cronológico del Ciclo de Trabajo

Para cumplir un ciclo, un circuito debe realizar una sucesión de pasos o fases en un determinado orden cronológico. Las fases que debe efectuar el circuito de esta máquina se detallan a continuación, tomando en cuenta que la posiciones 0 y 1 corresponden al cilindro contraído y extendido respectivamente.

En el sistema de compresión se realiza el siguiente ciclo, ayudando así a la compactación provocada por la vibración y además moldea el extremo hembra ubicado en la campana.

1. Cilindro C en posición 1. Baja apisonador (comprime la mezcla).
2. Cilindro C en posición 1. Baja apisonador
3. Cilindro C en posición 1. Baja apisonador
4. Cilindro C en posición 0. Sube apisonador (descomprime la mezcla).
5. Cilindro C en posición 1. Baja apisonador
6. Cilindro C en posición 0. Sube apisonador.
7. Cilindro C en posición 1. Baja apisonador
8. Cilindro C en posición 0. Sube apisonador
9. Cilindro C en posición 1. Baja apisonador
10. Cilindro C en posición 0. Sube apisonador
11. Cilindro C en posición 0. Sube apisonador

Seguidamente se acciona el sistema de desmolde.

12. Cilindro D en posición 1. Sube espécimen y molde intermedio.
13. Cilindro D en posición 0. Baja molde intermedio.

Las fases del circuito listadas anteriormente se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 37. Desarrollo cronológico del circuito

FASE	CILINDRO C	CILINDRO D
1	Avanza	-----
2	Avanza	-----
3	Avanza	-----
4	Retrocede	-----
5	Avanza	-----
6	Retrocede	-----
7	Avanza	-----
8	Retrocede	-----
9	Avanza	-----
10	Retrocede	-----
11	Retrocede	-----
12	-----	Avanza
13	-----	Retrocede

Fuente: Autor

Es importante apreciar que el cilindro C da referencia al sistema de compresión, mientras que al referirse al cilindro D se denota el sistema de desmolde.

Diagrama Espacio - Fase

En este diagrama se representó el estado de los actuadores en función del orden cronológico de las fases. En las abscisas y ordenadas se representan las fases y la longitud de carrera respectivamente.

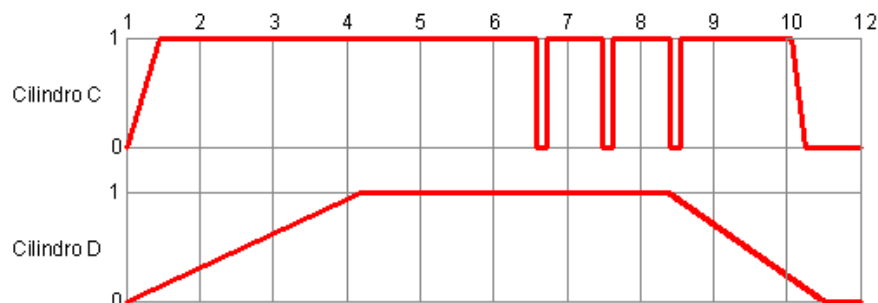


Figura 73. Diagrama espacio - fase.

Fuente: Autor

Diagrama Espacio - Tiempo

El diagrama espacio - tiempo es similar al indicado en el apartado anterior, pero en este, en las abscisas, se muestra además el tiempo necesario para ejecutar los movimientos. Este esquema resultó muy útil para determinar el tiempo requerido para completar un ciclo.

Se conoce que el tiempo por ciclo para tubos de diámetro 300mm es aproximadamente 480 segundos para cumplir con la producción establecida en las especificaciones, así los tiempos se distribuyeron de la siguiente manera:

- ✓ Tiempo de vibro-compactación: 36 segundos.
- ✓ Tiempo de desmolde: 12.8 segundos
- ✓ Tiempo de retracción del cilindro desmolde: 8.5 segundos

En los intervalos anteriores se incluyó el tiempo que le toma al cilindro alcanzar las posiciones respectivas. La pendiente de la rectas entre dos fases indica la velocidad que el cilindro tiene cuando pasa del estado retraído hasta el extendido y viceversa.

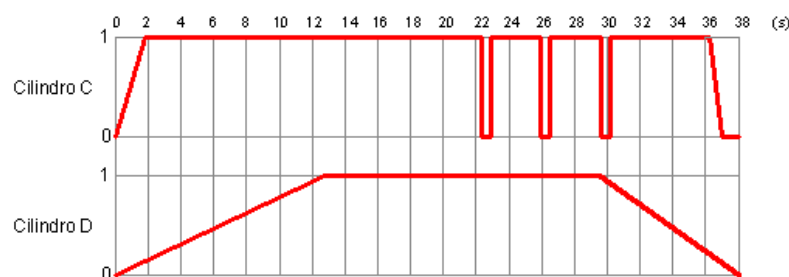


Figura 74. Diagrama espacio - tiempo.

Fuente: Autor

Al analizar el diagrama anterior, se observa que no se toma en cuenta otros lapsos de tiempo que son muy importantes, como son: Tiempo para colocar arandela, llenado de material, vibración para auto - acomodar el hormigón, sacar concreto excesivo, transporte al área de curado, etc.

Diagrama de Mando

En el diagrama de mando se representó los estados de los captadores, es decir, el estado de las señales que activan los cilindros, esto es abierto (1) o cerrado (0).

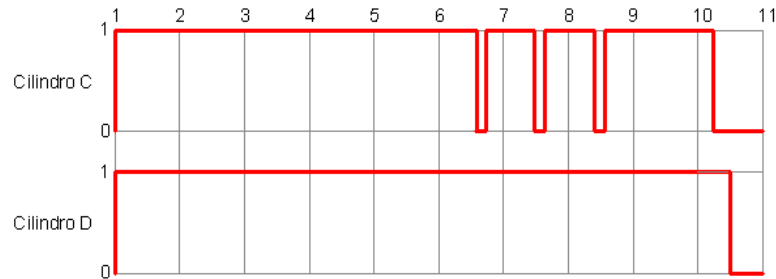


Figura 75. Diagrama de mandos.

Fuente: Autor

Es importante mencionar que los elementos que conforman el sistema hidráulico de la vibro - compactadora no son construidos sino se los adquiere basándose en catálogos de empresas encargadas de la venta de accesorios para sistemas hidráulicos.

Distribuidores Hidráulicos⁴⁴

La selección del distribuidor adecuado para una aplicación determinada, conlleva:

1. Determinar el número de vías y posiciones que debe tener para el desarrollo de la función encomendada.
2. Determinar el sistema de accionamiento.
3. Obtener el distribuidor que proporcione una relación $Q/\Delta P$ que haga que el cilindro pueda desarrollar su trabajo en el tiempo previsto.
4. Conocer las características de los racores del distribuidor.

Determinación del número de vías y posiciones.

Para determinar el número de vías y posiciones que debe tener un distribuidor, para el cumplimiento de cierta función, se debe fijar los siguientes aspectos:

1. Tuberías que debe gobernar.

⁴⁴ <http://es.scribd.com/doc/92611625/1-Hidraulica-y-Neumatica-Aplicaciones>

2. Sentido de circulación del fluido por dichas tuberías
3. Sistema de regulación de velocidad del cilindro.

El número de tuberías a gobernar, nos determina el número mínimo de vías de utilización o de trabajo del distribuidor. Mientras que el sentido del fluido nos determina las vías que son de utilización, así como el número mínimo de posiciones que debe tener el distribuidor.

El número de posiciones será superior a 2, cuando se necesite parar el cilindro en situaciones intermedias.

Selección del sistema de accionamiento.

Al activar una válvula, se debe dar una orden que permanezca o desaparezca al cesar la excitación de la misma. Cuando se desea que desaparezca automáticamente, se debe introducir un sistema de muelle (mecánico, neumático o hidráulico) que retorne la válvula a la posición de reposo. Cuando se desea que la orden permanezca, la válvula no llevará muelle.

El mando neumático o hidráulico se utilizará solamente en máquinas muy simples, que no forman parte de un sistema de producción integrado o cuando por el tipo de producto y el ambiente, el mando eléctrico entrañe riesgo de explosión o incendio.

En todos los demás casos se utilizará mando eléctrico por ser más barato y más rápido.

Determinación de la capacidad de un distribuidor.

Muchas veces la selección de un distribuidor se hace en función de los racores del mismo, cuando en realidad dos distribuidores de idéntica función y con los mismos racores de entrada, pueden tener diferentes secciones de paso interior, así como diferentes resistencias al paso de fluido.

Por tanto, es importante conocer algún factor que designe la capacidad de flujo para condiciones determinadas y, además, disponer de relaciones matemáticas, que a través de dicho factor permitan calcular la capacidad de flujo para otras condiciones.

Selección de Electroválvulas

Para el tratamiento de la información de mando se empleó aparatos que controlen y dirijan el fluido de forma preestablecida, lo que obliga a disponer de una serie de

elementos que efectúen las funciones deseadas relativas al control y dirección de flujo de líquidos.

Los mandos hidráulicos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y un aporte de trabajo. Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo y se denominan válvulas o electroválvulas.



Figura 76. Electroválvulas

Fuente: Catálogo INTERNATIONAL. Oleohidráulica

El caudal para la selección de las electroválvulas es el erogado por la bomba de $15\text{ GPM} = 56.78\text{ lt/min}$ y presión nominal $200\text{ bar} = 2901.55\text{ psi}$. Para la selección de las electroválvulas en los procesos de compresión y desmolde se requiere carreras regulables, es decir que los cilindros controlados necesitan carreras intermedias, además se debe destacar que cuando ningún cilindro actúe se debe descargar el aceite directo al reservorio.

Por las razones antes señaladas se optó por distribuidores 4x3 tandem center (P to T).

Del catálogo International (Anexo 23) se tienen válvulas DG05-8-220VAC-72, cuyas características son:

$$Q_{\text{funcionamiento}} = 30\text{ GPM}$$

$$P_{\text{máx}}(\text{Puertos: } P, A, B) = 4500\text{ psi} / 310\text{ bar}$$

$$P_{\text{máx}}(\text{Puerto: } T) = 2000\text{ psi} / 138\text{ bar}$$

4 : 3 Posiciones con accionamiento eléctrico 220VAC

$$\text{Temperatura de operación} = -20^{\circ}\text{C a } 70^{\circ}\text{C}$$

Filtración recomendada = 25 micrones o menos

$$\text{Peso} = 8\text{ lbs} / 3.6\text{ Kg}$$

Selección Válvula de Alivio⁴⁵

La correcta elección de una válvula de alivio es fundamental ya que sirve para el desahogo rápido de la presión de control desde el actuador u otro equipo hidráulico.

Con el caudal máximo erogado por la bomba de 15 GPM. En el catálogo INTERNATIONAL (Anexo 24) se tiene una RV-2H cuyas características son:

$$Q_{funcionamiento} = 30 \text{ GPM}$$

$$P_{máxoperación} = 3000 \text{ psi}$$

T: Conexión rosca

04: Tamaño

H: Rango de ajuste de presión 1500 – 3000 psi

La presión se ajusta con manecilla en sentido CW y se asegura con tuerca loca



Figura 77. Válvulas de alivio

Fuente: Catálogo INTERNATIONAL. Oleohidráulica

Selección de Regulador de Caudal⁴⁶

Para regular la velocidad de extensión y retracción de los sistemas y evitar sobrepresiones que podrían afectar al funcionamiento es necesario utilizar una válvula reguladora de caudal

⁴⁵http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/n tp_510.htm

⁴⁶<http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&ved=0CDM QFjAD&url=http%3A%2F%2Fcircuitos-fluidos.wikispaces.com>

Del catálogo VERION (Anexo 25) se tienen válvulas FT 257/2 80-G, cuyas características son:

$$Q_{m\acute{a}x} = 80 \text{ lt/min}$$

$$P_{m\acute{a}x} = 400 \text{ bar}$$

$$\Delta P = 20 \text{ bar}$$



Figura 78. Válvulas reguladoras de caudal
Fuente: Catálogo VERION. Oleohidráulica

Selección de Filtro de Aceite en Aspiración⁴⁷

Las máquinas hidráulicas requieren filtros de aceite en aspiración, cuyo elemento filtrante pueda retener partículas alrededor de 25 μm . El filtro de aspiración, debe permanecer en todo momento sumergido en el aceite del depósito.

El filtraje se realiza desde el exterior hacia el interior del sistema, lo cual facilita la limpieza del mismo ya que la suciedad queda adherida a la pared externa del filtro.

Del catálogo de INTERNATIONAL (Anexo 26) se tienen un filtro, modelo IPF-013, diámetro 1 plg.

⁴⁷ <http://es.scribd.com/doc/27330491/Manual-de-Hidraulica-y-Neumatica>



Figura 79. Filtro de aceite de aspiración

Fuente: Catálogo INTERNATIONAL. Oleohidráulica

Selección de Filtro de Aceite de Retorno⁴⁸

Se emplea sobre la conducción del fluido de retorno al depósito a baja presión. Purifican el aceite de las partículas originadas por la fricción de los componentes móviles de la maquina.

Es ideal para trabajar con válvulas de control de flujo en serie cuando el caudal de exceso se dirige vía la válvula de alivio permanentemente al tanque como en el caso de nuestro circuito.



Figura 80. Filtro de retorno

Fuente: <http://www.powermatic.com.pe/filtros.php>

Selección de Manifolds

Se utilizó para el montaje de las electroválvulas en serie o paralelo, permitiendo de esta manera eliminar toda la tubería de interconexión entre ellas, eliminando posibles fugas de aceite, caídas de presión y sobre todo mejorando la estética de la

⁴⁸ <http://es.scribd.com/doc/27330491/Manual-de-Hidraulica-y-Neumatica>

instalación. Se seleccionó según la electroválvula, dependiendo del diámetro y las tomas es decir con 4 vías y de $\frac{3}{4}$ plg.

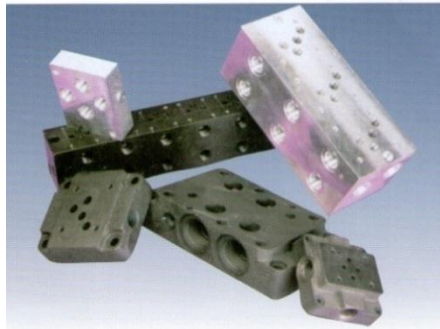


Figura 81. Manifolds

Fuente: Catálogo NEUMAC. Hydraulics, Pneumatics

Manómetro Indicador de Presión⁴⁹

El manómetro es un elemento destinado a medir la presión del fluido en cualquier lugar del sistema, son de mucha importancia ya que ayudan a identificar rápidamente si aparece una presión excesiva la cual podría ser peligrosa tanto para el sistema como para el operador.

Debido a que tiene un rango de presión adecuado para la aplicación se utilizó un manómetro lleno de glicerina DE WIT 251V (Anexo 27) cuyas características son:

Marca: DEWIT

Modelo: 251 V

Rangodepresión: 0 – 280 bar / 0 – 4000 psi

Aplicación: Lleno de glicerina con caja inoxidable para ser instalado en ambientes corrosivos, polvo y vibración excesiva

⁴⁹ <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica34.htm>



Figura 82. Manómetro indicador de presión

Fuente: Catálogo DE WIT

Conducciones Flexibles⁵⁰

Se emplean en circuitos cuyos vínculos son móviles, para facilitar la conexión o desconexión. Son útiles para amortiguar vibraciones y choques, para absorber ruidos y para infinidad de aplicaciones en las que unas conexiones rígidas presentarían problemas de instalación o de funcionamiento.

Los tres tipos principales de tubería flexible son:

- a. Tubos de elastómero reforzados con revestimiento textil.
- b. Mangueras metálicas flexibles (Anexo 28).
- c. Tubos de nylon reforzados.



.Figura 83. Mangueras flexibles

Fuente: Catálogo Dunflex

⁵⁰ <http://www.sccovarrubias.cl/Manguera%20Hidrau.pdf>

Selección de Tubería

Para la selección de las mangueras y acoples se tomará en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Marca reconocida.
- ✓ Presión de trabajo.
- ✓ Temperatura de trabajo.
- ✓ Aplicación.
- ✓ Precio de las mangueras y acoples.

Para las conexiones entre la central hidráulica bomba – electroválvulas y cilindros se utiliza una tubería flexible de presión con un diámetro interior de 1 plg para la absorción y ¾ plg para la descarga. En el anexo 28 se muestra el tipo de manguera y los diámetros que se utilizarán en función de los acoples hidráulicos originales de los bloques manifold principal y secundario, sus características satisfacen los parámetros de funcionamiento como son:

- Manguera hidráulica con una malla metálica de refuerzo de media presión.
- Tubo interior negro de goma sintética resistente al aceite.
- Recubrimiento negro de goma sintética resistente al aceite, agua, ozono.
- Temperatura entre -40 °C a +100 °C.
- Aplicado en sistemas hidráulicos con fluidos basados en petróleo o agua.

Selección de tubería para absorción:⁵¹

Según la ecuación de continuidad:

$$Q = A * v \quad \text{Ec. 4-28}$$

$$v = \frac{4*Q}{\pi*diámetro_{tub}^2} \quad \text{Ec. 4-29}$$

Donde:

$$Q = 15 \text{ gal/min} = 57.75 \text{ plg/s}$$

$$d_{ta} = \text{diámetro interior de tubería de absorción} = 1 \text{ plg}$$

⁵¹ MOTT, R. (2001). Mecánica de fluidos aplicada. (Cuarta edición). México – México: Editorial Pearson.

Reemplazando en la ecuación 4-29 se tiene:

$$v = \text{velocidad de fluido} = 75.53 \text{ plg/s}$$

Las pérdidas de presión en la tubería dependen de si el régimen de las partículas líquidas es laminar o turbulento, el tipo de régimen se caracteriza por el número de Reynolds que viene dado por la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{v * d_{ta} * \rho}{\mu} \quad \text{Ec. 4-30}$$

Donde:

$Re = \text{Número de Reynolds}$

$$\rho = \text{Densidad del fluido a } 15^{\circ}\text{C} = 0.88 \frac{\text{kg}}{\text{lt}} = 0.032 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^3} \text{ (Anexo 15)}$$

$$\mu = \text{Viscosidad dinámica de fluido} = 0.011 \frac{\text{lb}}{\text{plg*s}} \text{ (Anexo 15)}$$

Reemplazando en la ecuación 4-30 se tiene:

$$Re = 213.9$$

Como el número de Reynolds es menor a 2000, la selección de la tubería para el sistema hidráulico es la correcta pues se tiene un flujo laminar.

Selección de tubería para descarga:

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * \text{diámetro}_{tub}^2}$$

Donde:

$$Q = 15 \text{ gal/min} = 57.75 \text{ plg/s}$$

$$d_{td} = \text{diámetro interior de tubería descarga} = 3/4 \text{ plg}$$

Reemplazando en la ecuación 4-29 se tiene:

$$v = \text{velocidad de fluido} = 130.72 \text{ plg/s}$$

Calculando el número de Reynolds:

$$Re = \frac{v * d_{td} * \rho}{\mu}$$

Donde:

$Re = \text{Número de Reynolds}$

$$\rho = \text{Densidad del fluido a } 15^{\circ}\text{C} = 0.88 \frac{\text{kg}}{\text{lt}} = 0.032 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^3}$$

$$\mu = \text{Viscosidad dinámica del fluido} = 0.011 \frac{\text{lb}}{\text{plg} * \text{s}}$$

Reemplazando en la ecuación 4-30 se tiene:

$$Re = 285.2$$

Como el número de Reynolds es menor a 2000, la selección de la tubería para el sistema es la correcta además de denota que se tiene un flujo laminar.

Racores⁵²

Son los elementos que permiten unir los conductos hidráulicos a presión desde las tuberías a las máquinas o entre tuberías, para la correcta elección se debe evitar y asegurar lo siguiente:

- ✓ Que tenga la forma más conveniente a la aplicación.
- ✓ Evitar tensiones en los extremos.
- ✓ Eliminar en el trayecto del conducto flexible, curvas y ángulos pronunciados que obliguen a someter a los conductos a retorcimientos que debiliten la durabilidad.
- ✓ Fijaciones adecuadas.
- ✓ En uniones fijas con los conductos flexibles debe hacerse uso de los racores adecuados que garanticen su resistencia a la presión a soportar, a las vibraciones de la máquina y eviten en todo momento cualquier tipo de fuga.

Los acoples hidráulicos necesarios para el montaje de mangueras y tuberías como son: uniones, té, bushings, codos etc., se seleccionó en función de la presión de trabajo y el diámetro necesario, en el anexo 29 se indican los diferentes tipos de acoples y sus características técnicas.

⁵² <http://www.cps.unizar.es/~altemir/descargas/Dise%F1o%20Mecanico/Cap%EDtulo%208.pdf>



Figura 84. Racores

Fuente: Catálogo Racores DUNFLEX

Desarrollo del Circuito

El circuito del sistema hidráulico se desarrolló en base a los diagramas espacio – fase, espacio – tiempo, mando (figura 73 - 75).

Esquema y Descripción del Sistema Hidráulico

En la figura 85 se muestra el esquema del circuito hidráulico, el mismo que se seleccionó por su sencillez y cumplimiento de la secuencia de operación, el circuito se compone de los siguientes elementos:

- C. Cilindro de compresión.
- D. Cilindro de desmolde.
- 1. Reservorio.
- 2. Filtro.
- 3. Bomba hidráulica.
- 4. Motor eléctrico.
- 5. Válvula de alivio.
- 6. Manómetro.
- 7. Válvula reguladora de caudal.
- 8. Electroválvula direccional 4x3
- 9. Electroválvula direccional 4x3

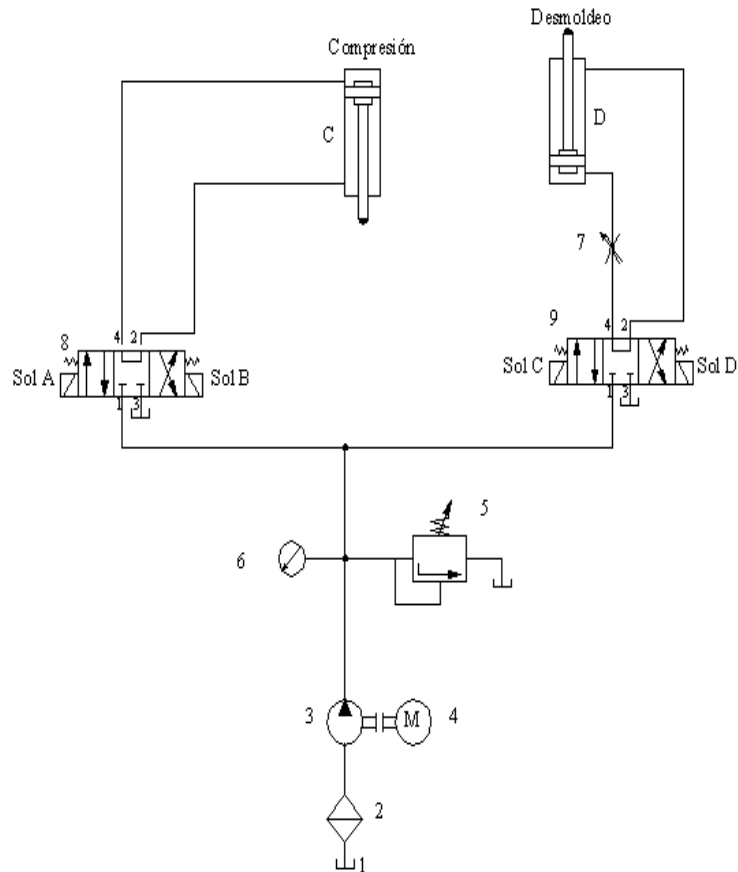


Figura 85. Diagrama del sistema hidráulico.

Fuente: Autor

A continuación se describe la simbología utilizada en el sistema hidráulico.

Tabla 38. Nomenclatura utilizada en el circuito hidráulico

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Cilindro de doble efecto
	Regulador de Caudal
	Válvula Solenoide 4/3
	Manómetro
	Válvula de Seguridad
	Bomba simple
	Motor Eléctrico
	Filtro de Aspiración
	Depósito de aceite
	Línea de conducción
	Unión de tuberías
	Cruce de tuberías
	Válvula de Retención

Fuente: Autor

Funcionamiento del Circuito Hidráulico

El fluido hidráulico es almacenado en el reservorio (1), el cual es succionado por la bomba, haciendo que el aceite pase por un filtro de succión (2). El caudal y presión necesario para accionar los actuadores (cilindros) lo suministra el grupo motor - bomba (3 - 4). La protección del grupo se asume con la válvula de máxima presión (5), la misma que descarga al reservorio el fluido cuando la presión sobrepasa el valor límite fijado de antemano, el mismo que puede leerse en el manómetro (6).

El accionamiento de los cilindros de desplazamiento vertical (C y D), en uno u otro sentido lo controlan las electroválvulas direccionales (8 y 9). Estos distribuidores son de cuatro vías y tres posiciones con centro abierto y retorno a muelle.

La válvula reguladora de caudal (7) permite controlar la velocidad de extensión y retracción del cilindro (D), este actuador está conectado al molde intermedio y son los que gobiernan el sistema de desmolde, que expulsan los prefabricados fuera de la máquina cuando son vibro - compactados. El cilindro (C) acciona el apisonador que comprime la mezcla. Además el sistema hidráulico se compone de dos manifolds de 5 estaciones que dependen de las características de las electroválvulas.

4.3.2. NIVEL DE PRODUCCIÓN DE LA FÁBRICA “SAN JACINTO” IMPLEMENTADO EL SISTEMA AUTOMATIZADO

Con la implementación de tecnologías de automatización a la prensa vibro – compactadora se consiguió mejorar el nivel de producción de tubos de hormigón definiendo las actividades de producción y estandarizando tiempos relevantes como vibración para auto - acomodar material, vibro - compresión y tiempos manuales logrando además mejorar características como resistencia a la flexión, densidad, absorción, durabilidad y permeabilidad.

Cabe señalar que los tiempos fueron determinados experimentalmente con la ayuda de las figuras 26 – 41 donde se puede identificar tiempos promedios del control manual del sistema.

Tabla 39. Promedio de tiempos relevantes en la producción de tubería de 200mm

PROCESOS RELEVANTES	MAÑANA	TARDE
Vibración auto - acomodar material	15 s	18 s
Vibro - compresión	34 s	36 s
Tiempos manuales	322 s	359 s
TOTAL	380 s	430 s

Fuente: Autor

Tabla 40. Promedio de tiempos relevantes en la producción de tubería de 300mm

PROCESOS RELEVANTES	MAÑANA	TARDE
Vibración auto - acomodar material	24 s	24 s
Vibro - compresión	36 s	36 s
Tiempos manuales	403 s	478 s
TOTAL	480 s	490 s

Fuente: Autor

Con la ayuda de las tablas 39 y 40 se estandarizó los tiempos más importantes en la construcción de prefabricados de hormigón mediante los cuales se obtienen las características exigidas por la Norma INEN 1590.

La tabla 41 muestra los tiempos que se dispusieron en el software para construcción de tubos de 200 y 300 mm de diámetro.

Tabla 41. Tiempos relevantes utilizados en la producción de tubería con sistema automatizado.

PROCESOS RELEVANTES	T 200mm	T 300mm
Vibración auto - acomodar material	16.5	24 s
Vibro - compresión	35 s	36 s
Tiempos manuales	250 s	370 s
TOTAL	320 s	440 s

Fuente: Autor

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE PRODUCCIÓN

Se debe destacar que los resultados esperados fueron muy satisfactorios debido a que la implantación del sistema de automatización a la prensa vibro – compactadora superó lo esperado. Esto se debe a la optimización de tiempos y además a tener muy

bien definidos la secuencia lógica que cumple el ciclo de fabricación de prefabricados de hormigón.

El sistema implantado adopta a los obreros un menor desgaste físico y mental al controlar el proceso de producción, teniendo además el mismo nivel de trabajo durante todo el día. Brindando homogeneidad en todos los especímenes fabricados pues todos ellos tienen el mismo tiempo de fabricación en los procesos constructivos.

En las figuras 86 y 87 se constata la disminución de tiempos de producción en tubos de diámetro 200mm y 300mm, gracias al control y estandarización de tiempos relevantes optimizando así el proceso de fabricación de prefabricados de hormigón.

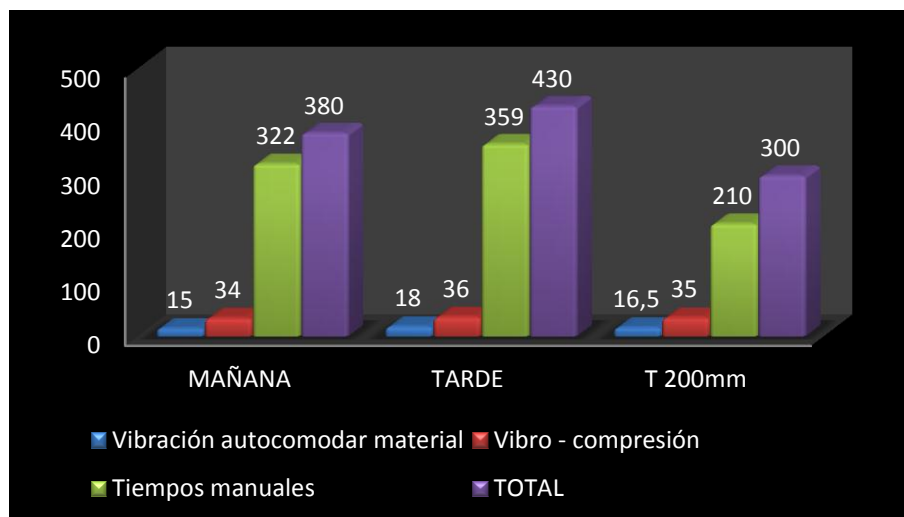


Figura 86. Tiempos de producción de tubos de hormigón de 200mm en períodos de la mañana y tarde respecto a cuando ya se implantó el sistema de automatización.

Fuente: Autor

En la figura 86 se aprecia que la producción tiene un aumento importante puesto que se fabrican 90 especímenes, teniendo un aumento de producción respecto a los reportes de producción manual (Tabla 6) del 80% en lotes de tubos de 200mm que es muy representativo.

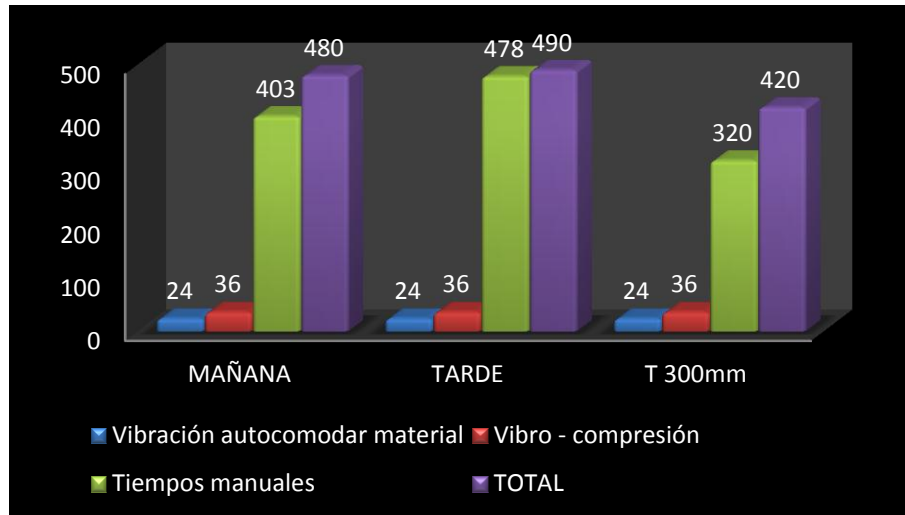


Figura 87. Tiempos de producción de tubos de hormigón de 300 mm en períodos de la mañana y tarde respecto a cuando ya se implanto el sistema de automatización.

Fuente: Autor

Mientras que en la figura 87 se denota también un aumento notable de producción del 85.71% respecto a la producción manual (Tabla 6) pues se construye 65 especímenes a diferencia de la producción manual que se fabricaban 35.

La implementación de la automatización en la producción de tubos de hormigón contribuyó notablemente al desarrollo de la empresa y brindó la alternativa de mejorar la calidad y cantidad de productos que se elaboran en la empresa. Ayudando de esta manera a satisfacer la demanda del mercado y que el consumidor obtenga productos garantizados.

Cabe destacar que los obreros también son beneficiados con la alternativa de solución expuesta pues se minimizaron los riesgos de posibles accidentes ocasionados por las instalaciones inadecuadas eléctricas e hidráulicas así como procesos de mantenimiento.

4.3.3. VERIFICACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

Para la verificación del producto final es necesario que un lote de tubos se someta a los respectivos ensayos según Norma NTE INEN 1590 facilitada por el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Estudios Especializados”.

Los tres especímenes para someterlos a éste estudio son los codificados según la Norma INEN respectiva, de 200mm de diámetro y 1020mm de longitud debido a que fueron los de este tipo los que no cumplieron los requerimientos que la norma exige antes de haber implementado tecnologías de automatización.

Los ensayos realizados a los prefabricados de hormigón según la NTE INEN 1590, conducen a determinar la calidad de los tubos destinados a construcciones por medio de la verificación de su resistencia mecánica a la compresión, absorción máxima de agua y permeabilidad. Los ensayos de compresión de tubos se realizaron con una prensa marca ENERPAC, con una capacidad de carga máxima de 10000 PSI.



Figura 88. Ensayo de compresión realizado a tubos de hormigón

Fuente: Autor

Resultados y Discusión de Características Mecánicas

En el registro específico de los tubos de 200mm se indica las características físicas de los mismos clasificándolos en Clase III debido a la resistencia que ofrecen.

Se aprecia que en cuanto al ensayo a la flexión satisfacen de manera óptima el estudio; pues la resistencia específica que denota la norma es 2200 Kg/m. Los tubos de hormigón de la Fábrica “San Jacinto” exponen resistencias mínima 3128 Kg/m y máxima 3911 Kg/m.

En el ensayo de absorción los resultados fueron favorables pues presentan una absorción del 9% de agua siendo la mínima exigible.

Refiriéndose al ensayo de permeabilidad se verifica que cumple con los requerimientos que la norma NTE INEN 1590 exige pues no se presenta humedad exterior en el lapso de 24 horas.

Mediante este estudio se denota que los tubos fabricados en la empresa donde se implantó la automatización cumplen con las expectativas de calidad que la normativa exige. Cabe recalcar que antes de implementar la tecnología de automatización la producción era deficiente en cuanto al aspecto cualitativo debido a que no cumplía con los requerimientos normativos.



Estudios Especializados
Laboratorio de ensayo de materiales
Mecánica de suelos y pavimentos
Perforación de pozos de agua

INFORMACION GENERAL											
INFORME DE ENSAYOS TUBERIA H.S. INFORME No.: ee-T-H-001-JUL-2012			INSTITUCION: FABRICA - SAN JACINTO PROYECTO: TESIS FCM - UTA - TESIS UBICACION: AMBATO TUNGURAGUA			ENVIADOS POR: SR. SEGUNDO AMANCHA FISCALIZA: EGODO FABIAN AMANCHA FECHA DE ENTREGA DE INFORME: Julio 20, 2012			NORMAS: INEN 1686 - 1587 - 1588 1689 - 1690		
CARACTERISTICAS FISICAS											
No.	DIAMETRO (mm)	LONGITUD ENSAYO (cm)	ESPAESOR PARED (mm)	CLASE					FECHA FABRICACION		
				I	II	III	IV	V			
1	195	50	35			X			X		
2	195	50	35			X			X		
3	195	50	35			X			X		
RESISTENCIA: METODO DE LOS TRES APOYOS											
No.	CARGA ROTURA (kg)	CARGA D (N / m mm)	RESISTENCIA (kg/m)	No. ENSAYOS			LONGITUD TUBO (m)	FECHA ENSAYO			
				1	2	3					
1	3.500	X	3.911,00	X	X	X	1,06	20 de Julio de 2012			
2	2.800	X	3.128,00	X	X	X	1,04	20 de Julio de 2012			
3	2.900	X	3.240,00	X	X	X	1,05	20 de Julio de 2012			
ABSORCION											
No.	SECCION (mm2)	Masa (g)	SECADO		HUMEDAD		RESULTADO		ESPECIFICACION		
			TIEMPO (h)	MASA (g)	TIEMPO (h)	MASA (g)	MASA (g)	0			
1	X	211,65	24	191,14	24	193,50	2,36	1,12	9%		
PERMEABILIDAD											
No.	TIEMPO INICIAL	HUMEDAD EXTERIOR		HUMEDAD EXTERIOR		OBSERVACIONES					
		SI	NO	SI	NO						
1	1 HORA	X				X					
2	1 HORA	X				X					
3	1 HORA	X				X					
FIRMA Y SELLO											
											ING. MG. SC. VICTOR M. LLANGA C. RESPONSABLE TECNICO
ESPECIFICACIONES:											

• **RIOBAMBA**
Avenida 10 de Agosto y Guayaquil (Cca. 34)
Teléfono: 032 638 8067 / 031 349 6397 / 031 351 0377 / 087 3 15 665
Email: victorllanga@yahoo.es
Riobamba - Ecuador

• **AMBATO**
Calle 10 de Agosto y Guayaquil (Sector sede CICT)
Teléfono: 032 638 8067 / 031 349 6397 / 031 351 0377
Email: estudios_especializados@yahoo.com / victorllanga@yahoo.es
Ambato Ecuador

Figura 89. Registros específicos de ensayos a tubería de 200mm
Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales “Estudios Especializados”

4.3.4. ANÁLISIS ECONÓMICO

La adquisición de prefabricados de hormigón en el mercado resulta un tanto cara desde el punto de vista del constructor, debido a la lenta producción con la que se realizan las entregas del producto. Hoy en día la velocidad con la que se puede producir y vender tubos de hormigón es la mejor elección para la pequeña y mediana industria.

La máquina al implantar la nueva tecnología ha disminuido notablemente el tiempo de producción de un prefabricado, donde cada ciclo para tubos de 200mm tarda un tiempo total de 320 segundos (5 minutos 20 segundos) y para tubos de 300mm se demora 440 segundos (7 minutos 20 segundos). Maximizando de esta manera las ganancias a la empresa quien asume la inversión.

Por cada saco de cemento se tiene:

- ✓ 9 tubos de 150x1020 mm
- ✓ 8 tubos de 200x1020 mm
- ✓ 7 tubos de 250x1020 mm
- ✓ 5 tubos de 300x1020 mm
- ✓ 4 tubos de 400x1020 mm

TUBOS DE 200mm:

Producción de la máquina automática:

Como se produce un tubo en cada ciclo de funcionamiento en un periodo de 5 minutos 20 segundos, la frecuencia de la máquina es de 0,19 ciclos por minuto.

Tiempo de elaboración de un tubo = 320 segundos

Número de tubos elaborados en una hora = 11.25 tubos

Número de tubos en un día = 11.25 tubos x 8 horas = 90 tubos/día

Para producir esta cantidad de tubos es necesario de la mano de obra de 2 obreros para trabajar conjuntamente con la prensa vibro - compactadora. Además otro obrero provee de hormigón para cumplir el ciclo. Cada trabajador percibe diariamente 18 dólares diarios.

Por los 3 trabajadores = 3 x 18 = 48 dólares

Para producir 8 tubos se necesita un saco de cemento, 285 litros de ripio, 190 litros de arena y agua.

El saco de cemento tiene un costo de 7.10 dólares.

Ripio:

$$285 \text{ litros de ripio} = \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ litro}} = 285000 \text{ cm}^3$$

$$x = \frac{285000 \text{ cm}^3 \times 7 \text{ dólares}}{1000000 \text{ cm}^3} = 2 \text{ dólares}$$

Arena:

$$190 \text{ litros de arena} = \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ litro}} = 190000 \text{ cm}^3$$

$$x = \frac{190000 \text{ cm}^3 \times 7 \text{ dólares}}{1000000 \text{ cm}^3} = 1.33 \text{ dólares}$$

$$7.10 + 2 + 1.33 = 10,43 \text{ dólares}$$

Entonces, el costo de 90 tubos producidos diariamente es:

$$\frac{90 \text{ tubos}}{8 \text{ tubos}} = 11.25$$

$$11.25 \times 10.43 = 117.34 \text{ dólares}$$

Más la remuneración de los trabajadores:

$$117.34 + 48 = 165.34 \text{ dólares}$$

El P.V.P. de cada tubo es de 4 dólares, de donde:

$$90 * 4 = 360 \text{ dólares}$$

Entonces, la ganancia es:

$$360 - 165.34 = 194.66 \text{ dólares}$$

Esta ganancia a la que se hace referencia es diaria.

Producción de la máquina manual:

Según los registros de la Fábrica “San Jacinto” (Tabla 6) se producía diariamente con el método manual 50 tubos de diámetro 200mm. Es decir se empleaba un estimado de 9 minutos 36 segundos para fabricar un tubo.

Durante la fabricación de esta cantidad de prefabricados se requiere la mano de obra de 4 trabajadores. Donde 3 de ellos trabajaban conjuntamente con la prensa vibro – compactadora y uno de ellos provee de hormigón para completar el ciclo. Cada trabajador percibe diariamente 18 dólares.

Por los 4 trabajadores = 4 x 18 = 72 dólares

Para producir 8 tubos se necesita un saco de cemento, 285 litros de ripio, 190 litros de arena y agua.

El saco de cemento tiene un costo de 7.10 dólares.

Ripio:

$$285 \text{ litros de ripio} = \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ litro}} = 285000 \text{ cm}^3$$

$$x = \frac{285000 \text{ cm}^3 \times 7 \text{ dólares}}{1000000 \text{ cm}^3} = 2 \text{ dólares}$$

Arena:

$$190 \text{ litros de arena} = \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ litro}} = 190000 \text{ cm}^3$$

$$x = \frac{190000 \text{ cm}^3 \times 7 \text{ dólares}}{1000000 \text{ cm}^3} = 1.33 \text{ dólares}$$

$$7.10 + 2 + 1.33 = 10,43 \text{ dólares}$$

Entonces, el costo de 50 tubos producidos diariamente es:

$$\frac{50 \text{ tubos}}{8 \text{ tubos}} = 6.25$$

$$6.25 \times 10.43 = 65.19 \text{ dólares}$$

Más la remuneración de los trabajadores:

$$65.19 + 72 = 137.19 \text{ dólares}$$

El P.V.P. de cada tubo es de 4 dólares, de donde:

$$50 * 4 = 200 \text{ dólares}$$

Entonces, la ganancia es:

$$200 - 137.19 = 62.81 \text{ dólares}$$

Esta ganancia a la que se hace referencia es diaria.

TUBOS DE 300mm:

Producción de la máquina automática:

Como se produce un tubo en cada ciclo de funcionamiento en un periodo de 7 minutos 20 segundos, la frecuencia de la máquina es de 0,14 ciclos por minuto.

$$\text{Tiempo de elaboración de un tubo} = 440 \text{ segundos}$$

$$\text{Número de tubos elaborados en una hora} = 8.2 \text{ tubos}$$

$$\text{Número de tubos en un día} = 8.2 \text{ tubos} \times 8 \text{ horas} = 65 \text{ tubos/día}$$

Para producir esta cantidad de tubos es necesario de la mano de obra de 2 obreros para trabajar conjuntamente con la prensa vibro - compactadora. Además otro obrero provee de hormigón para cumplir el ciclo. Cada trabajador percibe diariamente 18 dólares diarios.

$$\text{Por los 3 trabajadores} = 3 \times 18 = 48 \text{ dólares}$$

Para producir 8 tubos se necesita un saco de cemento, 285 litros de ripio, 190 litros de arena y agua.

El saco de cemento tiene un costo de 7.10 dólares.

Ripio:

$$285 \text{ litros de ripio} = \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ litro}} = 285000 \text{ cm}^3$$

$$x = \frac{285000 \text{ cm}^3 \times 7 \text{ dólares}}{1000000 \text{ cm}^3} = 2 \text{ dólares}$$

Arena:

$$190 \text{ litros de arena} = \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ litro}} = 190000 \text{ cm}^3$$

$$x = \frac{190000 \text{ cm}^3 \times 7 \text{ dólares}}{1000000 \text{ cm}^3} = 1.33 \text{ dólares}$$

$$7.10 + 2 + 1.33 = 10,43 \text{ dólares}$$

Entonces, el costo de 65 tubos producidos diariamente es:

$$\frac{65 \text{ tubos}}{5 \text{ tubos}} = 13$$

$$13 \times 10.43 = 135.59 \text{ dólares}$$

Más la remuneración de los trabajadores:

$$135.59 + 48 = 183.59 \text{ dólares}$$

El P.V.P. de cada tubo es de 6 dólares, de donde:

$$65 * 6 = 390 \text{ dólares}$$

Entonces, la ganancia es:

$$390 - 183.59 = 206.41 \text{ dólares}$$

Esta ganancia a la que se hace referencia es diaria.

Producción de la máquina manual:

Según los registros de la Fábrica “San Jacinto” (Tabla 6) se producía diariamente con el método manual 35 tubos de diámetro 300mm.

Durante la fabricación de esta cantidad de prefabricados se requiere la mano de obra de 4 trabajadores. Donde 3 de ellos trabajaban conjuntamente con la prensa vibro – compactadora y uno de ellos provee de hormigón para completar el ciclo. Cada trabajador percibe diariamente 18 dólares.

$$\text{Por los 4 trabajadores} = 4 \times 18 = 72 \text{ dólares}$$

Para producir 8 tubos se necesita un saco de cemento, 285 litros de ripio, 190 litros de arena y agua.

El saco de cemento tiene un costo de 7.10 dólares.

Ripio:

$$285 \text{ litros de ripio} = \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ litro}} = 285000 \text{ cm}^3$$

$$x = \frac{285000 \text{ cm}^3 \times 7 \text{ dólares}}{1000000 \text{ cm}^3} = 2 \text{ dólares}$$

Arena:

$$190 \text{ litros de arena} = \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ litro}} = 190000 \text{ cm}^3$$

$$x = \frac{190000 \text{ cm}^3 \times 7 \text{ dólares}}{1000000 \text{ cm}^3} = 1.33 \text{ dólares}$$

$$7.10 + 2 + 1.33 = 10,43 \text{ dólares}$$

Entonces, el costo de 50 tubos producidos diariamente es:

$$\frac{35 \text{ tubos}}{5 \text{ tubos}} = 7$$

$$7 \times 10.43 = 73.01 \text{ dólares}$$

Más la remuneración de los trabajadores:

$$73.01 + 72 = 145.01 \text{ dólares}$$

El P.V.P. de cada tubo es de 7 dólares, de donde:

$$35 * 6 = 210 \text{ dólares}$$

Entonces, la ganancia es:

$$210 - 145.01 = 64.99 \text{ dólares}$$

Esta ganancia a la que se hace referencia es diaria.

Nota: No se consideró el costo de los servicios básicos (agua y energía eléctrica), debido a que el consumo energético y el gasto de agua en la mezcla utilizada de una máquina manual es el mismo que el de una máquina automática. Así como también no se consideró el desperdicio, ya que es similar tanto en una máquina automática como en una convencional.

ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO

Al comparar la producción de la máquina manual con la máquina automática, las ganancias obtenidas se describen en la siguiente tabla:

Tabla 42. Análisis costo - beneficio

PROCESO	Tubería Ø 200 mm	Tubo Ø 300 mm
Automático	\$ 194.66	\$ 206.41
Manual	\$ 62.81	\$ 66.99

Fuente: Autor

$$\% \text{ tubos } \varnothing 200\text{mm} = \frac{194.66}{62.81} * 100 = 309.92\%$$

El incremento de ganancia diaria en la producción de prefabricados al utilizar la máquina automática es de 309.92 %.

$$\% \text{ tubos } \varnothing 300\text{mm} = \frac{206.41}{66.99} * 100 = 308.12\%$$

El incremento de ganancia diaria en la producción de tubos al utilizar la máquina automática es de 308.12 %.

Sabiendo que el nivel de producción es eficiente por la inclusión del sistema automatizado a la planta se destaca que se maximizan las ganancias en grandes porcentajes.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ La vibro – compactadora al ser manualmente activada en la construcción de tubos de hormigón permitió hacer una recopilación, selección, adaptación, rediseño e implementación de mecanismos y sistemas para tener una mejor alternativa en la construcción de prefabricados de hormigón.

En la producción de tubos de hormigón en la Fábrica “San Jacinto”, los defectos más comunes después de realizar la observación a un lote de producción semanal en fichas de campo fueron: El 35% de unidades presentó porosidad excesiva, grietas superficiales de 4 a 5 cm, fisuras que atraviesan sus paredes, y en el 5 % se observó imperfecciones presentes en los extremos tanto superior e inferior, longitud indistinta y heterogeneidad de resistencia mecánica.

Los registros específicos que se elaboraron en la empresa “Estudios Especializados” determinaron que los prefabricados de hormigón de diámetro 200mm no satisfacen las exigencias de la Norma NTE INEN 1590. Mientras que los tubos de 300mm si cumplieron los parámetros que dispone la norma.

- ✓ El lapso de tiempo que se debe vibrar después de alimentar de hormigón al molde es para que el material se auto – acomode dentro del mismo. Este período debe estar acorde a los datos de la tabla 38 ya que para tiempos mayores se sobrepasa la cantidad de material depositado y esto produce que la altura de los tubos varíen.

El factor más importante en la producción de prefabricados de hormigón es el vibrado en la compresión de la mezcla o también llamado vibro - compactación.

Con este proceso se tiene una masa muy unida y ausencia de poros, lo que conduce a tener varias ventajas como: mayor resistencia mecánica, disminución de la permeabilidad, mayor densidad, tendencia reducida a la contracción, además de economía de cemento.

Para tener una visión clara del funcionamiento de la prensa vibro - compactadora fue necesario hablar con los operadores y otros expertos que manipulan la máquina, con el fin de definir parámetros.

- ✓ El cumplimiento de las normas nacionales garantiza el buen nivel de calidad en las etapas de producción de tubos de hormigón. Las variaciones permisibles en las norma NTE INEN 1590 representan cierta flexibilidad ante el cumplimiento de parámetros establecidos.

Se optimizó la producción de especímenes de hormigón definiendo las actividades de producción y estandarizando tiempos relevantes como son auto – acomodar material, vibro – compresión y tiempos manuales logrando mejorar las características y homogeneidad en toda la producción; satisfaciendo de esta manera las necesidades del cliente. Con la implementación de tecnologías de automatización se consiguió un aumento del 80% de la producción diaria manual en tubos de 200mm y una ampliación de 85.71% respecto a la producción de tubos de 300mm que es muy representativo.

- ✓ El implementar este sistema a la Fábrica “San Jacinto” representa un crecimiento tecnológico que marca diferencia en la industria de prefabricados de hormigón ya que en el sector nadie tiene a su disposición tecnologías de este nivel debido al costo representativo que influye la adquisición de este sistema.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Debido al proceso de transición tecnológica que vive nuestro país en el sector industrial, se recomienda realizar trabajos de esta índole que además de permitir adquirir nuevos conocimientos y la actualización tecnológica, a la vez son soluciones efectivas para el mejoramiento de la producción y productividad del país.

- ✓ Es necesario que se tenga mucho cuidado con los agregados en el mezclado ya que de contener piedras u objetos de gran diámetro pueden causar un atrancamiento de las paletas. Esto puede dañar la transmisión o el motor, por eso se recomienda que los agregados sean triturados o cernidos previamente.
- ✓ Cumplir y aplicar adecuadamente las normas de producción de prefabricados de hormigón.
- ✓ Los operarios a cargo de la máquina deben entrenarse en su uso para lograr buenas productividades e incluso evitar accidentes.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA

6.1. DATOS INFORMATIVOS

La Fábrica “San Jacinto” ubicada en el Barrio Santa Clara de la Parroquia Izamba en la ciudad de Ambato, adquiere la prensa vibro - compactadora en el año 2002 para conseguir un proceso eficiente en la producción de tubos de hormigón. Ya que se elaboraban rudimentariamente, usando moldes fijos compactando el hormigón con apisonadores. Siendo un proceso con gran desgaste físico del obrero sin brindar garantías al cliente.

El objetivo de la empresa al comprar la prensa vibro – compactadora fue aumentar la producción y satisfacer la demanda existente en esa época logrando así que el operario no realice fuerzas excesivas. Sin embargo no se consideró las características y exigencias que las Normas INEN exigen a los prefabricados de hormigón como son: Prueba de resistencia a la flexión o método de los tres apoyos, prueba hidrostática o presión, ensayo de impermeabilidad y prueba de absorción.

El estado en que se encontraba la prensa vibro – compactadora se describe a continuación:

Está ubicada en una superficie de 3x3 metros en una fosa bajo el piso para de esta manera reducir ruidos y eliminar vibraciones, la columna base donde está ubicado el brazo compresor se encontraba doblado debida a la presión ejercida por el cilindro de compresión, la unidad de control de motores estaba dispuesta por breckers defectuosos, las instalaciones eléctricas e hidráulicas eran deplorables y en algunos casos no estaban acordes a las necesidades de los actuadores. La central hidráulica está equipada con un motor de 7.5 HP y una bomba hidráulica de 15 GPM, este circuito estaba provisto por dos válvulas de control con una configuración en paralelo las cuales poseían palancas de accionamiento que al ser activadas permitían

el flujo de aceite. El circuito hidráulico carecía además de componentes que permitieran el control o visualización de presión tanto en el cilindro de compresión como de desmolde. El sistema de vibración depende de dos motores de 3 HP los cuales con ayuda de bandas transmiten el movimiento hacia las plataformas vibratorias, se debe destacar que no se contaba con el control de tiempos de vibración para auto acomodar el material suficiente así como tampoco el instante de vibro – compactación los cuales designan características importantes al tubo. La máquina vibro - compactadora al elaborar varios tipos especímenes debe tener bien definidos estos tiempos dependiendo del diámetro y longitud de los mismos.

6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Considerando el adelanto que las industrias han evolucionado es necesario que la Fábrica “San Jacinto” cuente con tecnología innovadora, pues se conoce a ciencia cierta que la mayoría de empresas a nivel nacional tiene como meta mejorar los productos que ofertan al mercado, esto se hace posible implementando tecnología moderna que controle eficientemente la elaboración de tubos de hormigón.

De los estudios realizados en la Universidad Técnica de Ambato y en especial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica no se encontraron registros de trabajos similares a la automatización de prensas vibro – compactadoras. Comprobando que el tema de la propuesta no ha sido tratado ni desarrollado por ninguna persona que forma parte de la institución antes mencionada.

En la Fábrica “San Jacinto” dedicada a la producción de tubos de hormigón tampoco se ha encontrado evidencias que relacionen la automatización de la prensa vibro – compactadora, esta idea surgió por la necesidad de mejorar los niveles de producción de tubos de hormigón, la cual se basó en el incremento de producción con mejoras en las características como la resistencia a la flexión, densidad, absorción, durabilidad y permeabilidad. Este proyecto vincula a que el operario no realice fuerzas excesivas y a obtener una tecnología que sea de fácil manipulación, es decir que cualquier operario con la capacitación respectiva pueda manipular la prensa.

6.3. JUSTIFICACIÓN

La prensa vibro – compactadora al momento de la implantación a la empresa tenía objetivos netamente cuantitativos, es decir solamente se pretendía aumentar la producción más no así las características, esta máquina al adquirirla poseía controles manuales impidiendo así que los especímenes elaborados tengan las mismas propiedades, por lo que se hace necesario instaurar tecnología que a más de producir remitan de características que exigen las normas.

La implementación de la guía de programación y mantenimiento se justifica pues con ello se consigue mejorar la calidad de los tubos y maximizar los tiempos de producción. Cabe destacar que la guía de mantenimiento brindará información sobre actividades de mantenimiento tanto, eléctrico, mecánico, operacional que se realizarán en la planta prolongando la vida útil de la maquinaria y eliminando la paralización de la planta productora por averías o daños.

Esta propuesta satisface la calidad en el proceso, evitando demoras como se lo hacía al utilizar instrumentos rudimentarios sin tener ningún tipo de cuidado, y sobre todo disminuyendo y/o eliminando los tiempos que suelen darse en la mala utilización de maquinaria manualmente; por ello se decidió que la máquina sea quien realice el proceso automáticamente.

Esta innovación en el proceso de producción de tubos de hormigón convirtió a la Fábrica “San Jacinto” en una empresa competitiva, reactivando su economía gracias a las mejoras en la calidad del producto, brindando de esta manera a los consumidores un producto terminado en menor tiempo y con las garantías que las normas INEN exigen.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. OBJETIVO GENERAL:

Implementar una guía de programación y mantenimiento en la producción de tubos de hormigón.

6.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Establecer la secuencia de movimiento de los actuadores en la producción de tubos de hormigón.
- ✓ Definir los posibles problemas y soluciones en la planta de producción de la Fábrica “San Jacinto”
- ✓ Realizar pruebas de funcionamiento que determinen el correcto desempeño de los componentes implementados.

6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El proyecto es factible porque está basado en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta viable para solucionar un problema y requerimientos de todos los involucrados con la Fábrica “San Jacinto”, además responde y cumple con retribuir las necesidades específicas, ofreciendo soluciones de manera metodológica. Este proyecto tiene apoyo en una investigación de tipo documental y de campo la misma que va a permitir desarrollar a satisfacción la propuesta planteada.

Debido a que la Fábrica “San Jacinto” no cuenta con tecnología en la producción de tubos de hormigón el proyecto resulta factible de realizar, porque mediante la implementación la empresa estará en capacidad de competir con empresas similares, ofreciendo tubería confiable en un corto plazo de producción ayudando de esta manera al crecimiento de la misma.

La implementación de la guía de programación y mantenimiento en la producción de tubos de hormigón es factible realizar puesto que a nivel local no se cuenta con información detallada de esta índole; aportando de esta con la comunidad debido a que contarán con información referente a la fabricación de tubos de hormigón y la maquinaria empleada.

La empresa se encuentra apta para financiar el desarrollo del proyecto.

Además las técnicas a ser empleadas sobre todo en la automatización no son limitantes para desarrollar el proyecto ya que se trata de utilizar mecanismos e instrumentos conocidos que no acarrearán dificultad e inconvenientes en lo posterior y

asimismo se dispone de todos los elementos que se necesite para mejorar la maquinaria.

En cuanto al aspecto operativo es completamente factible debido a que el proceso de funcionamiento o como opera no es nada complicado y además es fácil de entender como también de manipular al preverse de la capacitación respectiva.

6.6. FUNDAMENTACIÓN

6.6.1. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

Para poder programar el PLC se debe seleccionó el lenguaje de programación adecuado. Para el FP4020MR – L0808R se utilizó FlexiSoft software (versión 1.4) que es un paquete de software de programación de 32 bits que tiene la estructura de un programa en base Windows, el cual permite facilidad de programación del PLC. Su manejo es sencillo ya que la selección de comandos se ejecuta simplemente en un cuadro de iconos de “arrastrar y colocar” e incluye: Panel de mando que está ligada a la funcionalidad de programación, teclas numéricas y funcionales.

Para el desarrollo del software de control se empleó el lenguaje de programación ladder debido a que este tipo de programación es más difundido y de fácil manejo.

Para la mejor comprensión del software de control del PLC, se lo ha divide en cinco funciones:

1. Alarmas

La función de alarmas se encarga de gestionar las condiciones que pudieran provocarse durante el funcionamiento.

Los parámetros tomados en cuenta son los siguientes:

- Funcionamiento de los motores tanto de mezcladora, vibradora y bomba hidráulica.
- Accionamiento de solenoides de electroválvulas.
- Mal funcionamiento de los finales de carrera.

La visualización de la alarmas se realizaron por medio de la implementación de dispositivos ópticos, tales como las luces piloto que se muestran en el panel de operador.



Figura 90. Visualización de alarmas

Fuente: Autor

2. Arranque de Motores

Esta función se encarga del arranque de motores mediante la programación mencionada anteriormente. La activación de los motores de la bomba hidráulica y vibración se encuentran limitados a las condiciones:

- Pulsador de inicio de ciclo.
- Pulsador de paro del PLC.
- Selector Manual / Automático.
- Pulsador de accionamiento c/motor en el tablero de modo manual

El detalle de esta función se muestra en la figura 101. Subrutina de fabricación de tubos de hormigón.

3. Secuencia de los cilindros de doble efecto

La secuencia implementada en el programa del PLC, se realizó en conjunto con la máquina y el tablero debido a la posición de los finales de carrera, ya que estos tuvieron que ser colocados en lugares estratégicos de la prensa vibro - compactadora, con el fin de que la producción sea rápida y de calidad.

El detalle de esta función se muestra en la figura 91. Secuencia de movimiento de actuadores

4. Elementos y funciones básicas utilizadas en la programación

El editor ladder visualiza el programa gráficamente, de forma similar a un esquema de circuitos. Los programas ladder hacen que el programa emule la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada que, a su vez, habilitan condiciones lógicas de salida.

En el programa se utilizó contadores, temporizadores, contactos auxiliares, contactos NA y NC, bobinas, etc. Los contactos representan condiciones lógicas de entrada, tales como interruptores, pulsadores, finales de carrera o condiciones internas. Las bobinas representan condiciones lógicas de salida, tales como lámparas, arrancadores de motor, relés auxiliares o condiciones internas de salida, que las adecuan para cumplir el ciclo de programación respectivo.

Una vez que las señales hayan sido debidamente tratadas, nos da como resultado el movimiento exacto y cronológico de todo el sistema de la máquina de manera automática y segura.

5. Disposición de entradas y salidas

A continuación se especifica las entradas y salidas que intervienen en el proceso de producción automatizado.

Tabla 43. Entradas del PLC

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
X00000	Paro
X00001	Inicio
X00002	Final de carrera 1
X00003	Final de carrera 2
X00004	Final de carrera 3
X00005	Final auxiliar
X00006	Automático
X00007	Manual

Fuente: Autor

Tabla 44. Salidas del PLC

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Y00000	Motores vibratorios
Y00001	Solenoides 1
Y00002	Solenoides 2
Y00003	Motor bomba
Y00004	Solenoides 3
Y00005	Modo Manual
Y00007	Solenoides 4

Fuente: Autor

La base de datos etiquetados (tag database) contiene los símbolos definidos o instrucciones para el programa de control, son del tipo registro o bobina (register or coils). Los tags son utilizados en aplicaciones, pantalla de visualización del PLC, tareas, alarmas, etc.

Los tags utilizados están definidos en la siguiente tabla:

Tabla 45. Base de datos etiquetados

NOMBRE	DIRECCIÓN	TIPO	COMENTARIO
KA	B00000	Internal Coils	Colocación de accesorios.
KB	B00001	Internal Coils	Vibración para auto - acomodar concreto en molde.
KC	B00002	Internal Coils	Retirar concreto excesivo.
KD	B00003	Internal Coils	Condicionante de final de carrera 1.
KE	B00004	Internal Coils	Accionamiento del final de carrera 1.
KF	B00005	Internal Coils	Enciende motor de bomba hidráulica.
KG	B00006	Internal Coils	Enciende motores vibración.
KH	B00007	Internal Coils	Condicionante de final de carrera 2.
KI	B00008	Internal Coils	Accionamiento de final de carrera 2.
KJ	B00009	Internal Coils	Colocación de cauchos en parte superior e inferior del tubo, y puesta del mismo en canastilla transportadora.

Tabla 45..... Continuación.

KK	B00010	Internal Coils	Reactivación del ciclo de producción.
KL	B00011	Internal Coils	Periodo transitorio encendido de bomba hidráulica.
KM	B00012	Internal Coils	Extensión del cilindro compresión.
KN	B00013	Internal Coils	Período de compresión.
KO	B00014	Internal Coils	Extensión del cilindro compresión.
KP	B00015	Internal Coils	Período de compresión.
KQ	B00016	Internal Coils	Extensión del cilindro compresión.
KR	B00017	Internal Coils	Período de compresión.
KS	B00018	Internal Coils	Retracción del cilindro compresión.
KT	B00019	Internal Coils	Período descompresión.
K150	B00020	Internal Coils	Selección subrutina tubos de 150mm.
K200	B00021	Internal Coils	Selección subrutina tubos de 200mm.
K250	B00022	Internal Coils	Selección subrutina tubos de 250mm.
K300	B00023	Internal Coils	Selección subrutina tubos de 300mm.
K400	B00024	Internal Coils	Selección subrutina tubos de 400mm.
K600	B00025	Internal Coils	Selección subrutina tubos de 600mm.
Ayuda manual	B00028	Internal Coils	Selección modo manual.
KÑ	B00029	Internal Coils	Condicionante de inicio de proceso.
KX1	B00030	Internal Coils	Energiza motores de vibración.
KX2	B00031	Internal Coils	Energiza solenoide 1.
KX3	B00032	Internal Coils	Energiza solenoide 2.
KX4	B00033	Internal Coils	Energiza motor bomba hidráulica.
KX5	B00034	Internal Coils	Energiza solenoide 3.
KX6	B00035	Internal Coils	Energiza solenoide 4.
STOP – P0	B00036	Internal Coils	Inicio el proceso de producción.
KFA	B00037	Internal Coils	Accionamiento final de carrera aux.
KF1	B00101	Internal Coils	Período transitorio encendido de motores vibración.

Tabla 45..... Continuación.

KF2	B00102	Internal Coils	Extensión del cilindro compresión.
KF3	B00103	Internal Coils	Período compresión.
KF4	B00104	Internal Coils	Retracción del cilindro compresión.
KF5	B00105	Internal Coils	Período descompresión.
KF6	B00106	Internal Coils	Extensión del cilindro compresión.
KF7	B00107	Internal Coils	Oscilación de anillo giratorio.
KF8	B00108	Internal Coils	Retracción del cilindro compresión.
KF9	B00109	Internal Coils	Período compresión.
KF10	B00110	Internal Coils	Retracción del cilindro compresión.
KF11	B00111	Internal Coils	Período descompresión.
KF12	B00112	Internal Coils	Extensión del cilindro compresión.
KF13	B00113	Internal Coils	Período compresión.
KF14	B00114	Internal Coils	Retracción del cilindro compresión.
KF15	B00115	Internal Coils	Período descompresión.
KF16	B00116	Internal Coils	Extensión del cilindro compresión.
T-C0	C00000	Counter Registers	Almacena cantidad tubos 150mm / día.
T-C1	C00001	Counter Registers	Almacena cantidad tubos 200mm / día.
T-C2	C00002	Counter Registers	Almacena cantidad tubos 250mm / día.
T-C3	C00003	Counter Registers	Almacena cantidad tubos 300mm / día.
T-C4	C00004	Counter Registers	Almacena cantidad tubos 400mm / día.
T-C5	C00005	Counter Registers	Almacena cantidad tubos 600mm / día.
DATOS TUBOS	D00000	Data Registers	Asignación clave de seguridad
Screen trigger	SW005	System Registers	Direcciona pantallas de PLC

Tabla 45..... Continuación.

RT1	T00000	Timer Register	Colocación de accesorios.
RT2	T00001	Timer Register	Vibración para auto - acomodar concreto en el molde.
RT3	T00002	Timer Register	Retirar concreto excesivo.
RT4	T00003	Timer Register	Motor bomba hidráulica.
RT5	T00004	Timer Register	Transición encendido de bomba hidráulica.
RT6	T00005	Timer Register	Motores vibradores.
RT7	T00006	Timer Register	Transición encendido motores vibración
RT8	T00007	Timer Register	Extensión cilindro desmolde.
RT9	T00008	Timer Register	Retracción cilindro desmolde.
RT10	T00009	Timer Register	Extensión cilindro compresión.
RT11	T00010	Timer Register	Compresión.
RT12	T00062	Timer Register	Extensión cilindro compresión.
RT13	T00063	Timer Register	Compresión.
RT14	T00064	Timer Register	Extensión cilindro compresión.
RT15	T00065	Timer Register	Compresión.
RT16	T00066	Timer Register	Retracción cilindro compresión.
RT17	T00067	Timer Register	Descompresión.
RT18	T00068	Timer Register	Extensión cilindro compresión.
RT19	T00069	Timer Register	Compresión.
RT20	T00070	Timer Register	Retracción cilindro compresión.
RT21	T00071	Timer Register	Descompresión.
RT22	T00072	Timer Register	Extensión cilindro compresión.
RT23	T00073	Timer Register	Oscilación de anillo giratorio.
RT24	T00074	Timer Register	Retracción del cilindro compresión.
RT25	T00075	Timer Register	Compresión.
RT26	T00076	Timer Register	Retracción cilindro compresión.
RT27	T00077	Timer Register	Descompresión.
RT28	T00078	Timer Register	Extensión cilindro compresión.

Tabla 45..... Continuación.

RT29	T00079	Timer Register	Compresión.
RT30	T00080	Timer Register	Retracción cilindro compresión.
RT31	T00191	Timer Register	Descompresión.
RT32	T00192	Timer Register	Extensión cilindro compresión.
T150	001	Subroutine	Aplicación tubos de diámetro 150mm.
T200	002	Subroutine	Aplicación tubos de diámetro 200mm.
T250	003	Subroutine	Aplicación tubos de diámetro 250mm.
T300	004	Subroutine	Aplicación tubos de diámetro 300mm.
T400	005	Subroutine	Aplicación tubos de diámetro 400mm.
T600	006	Subroutine	Aplicación tubos de diámetro 600mm.

Fuente: Autor

6.6.2. PROGRAMACIÓN DEL PLC

Los procesos a controlar mediante el PLC son: vibración para auto acomodar material, sistema de vibro - compactación y desmolde, cada proceso trabaja independientemente. Hay que recalcar que el proceso de mezclado no interviene en el control mediante el PLC ya que este sistema funciona independientemente.

La secuencia de movimientos de los actuadores se presenta en la siguiente gráfica:

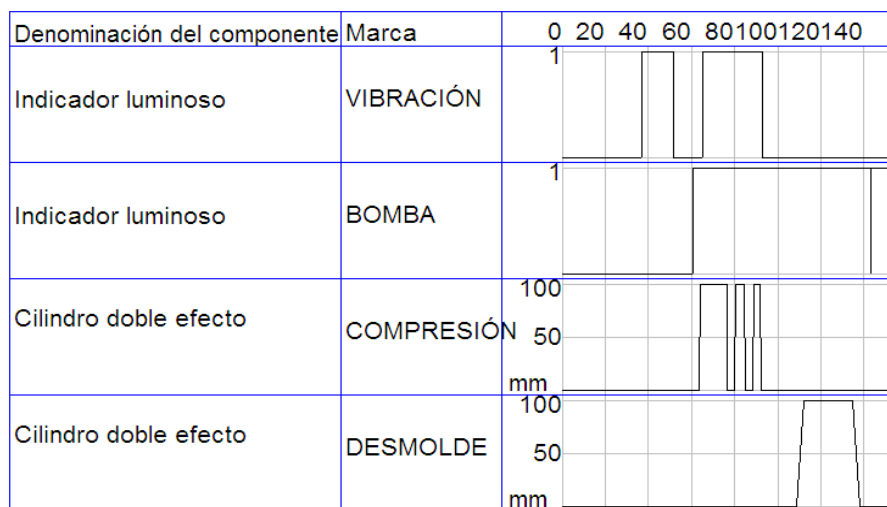


Figura 91. Secuencia de movimiento de actuadores

Fuente: Autor

El PLC que se seleccionó tiene la funcionalidad de programación ligada al panel del autómatas y por ende al seleccionar una pantalla o al pulsar una tecla ya sea funcional o numérica emite señales.

Al encender el PLC con ayuda del interruptor ubicado en el tablero de control principal se visualizará la siguiente figura.

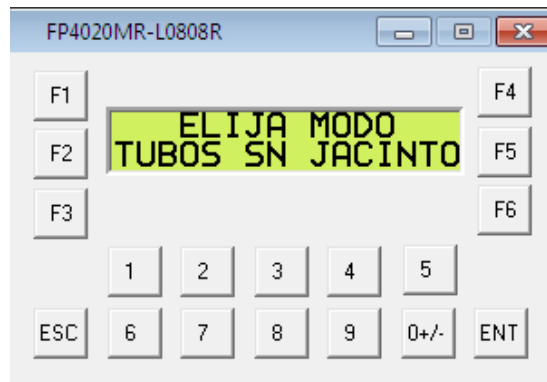


Figura 92. Display del PLC de selección de modo de trabajo

Fuente: Autor

En el ladder del PLC se codificó que al seleccionar modo AUTOMÁTICO se despliegue el display número 2, mientras que al seleccionar modo MANUAL cambie al display número 3. Pero al no seleccionar el modo de trabajo permanezca en la pantalla por defecto. Además al habilitar el circuito de control manual desactiva el circuito automático y viceversa.

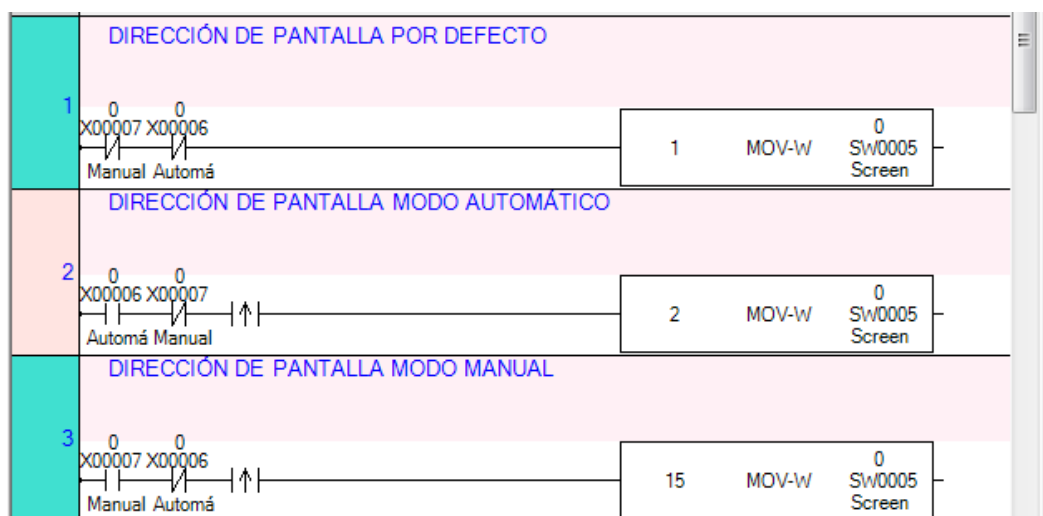


Figura 93. Ladder de selección de modo de trabajo

Fuente: Autor

Al escoger mediante el selector de posiciones modo MANUAL se activa el circuito del mismo nombre y se despliega la pantalla número 15 que se describe a continuación:



Figura 94. Display del PLC modo de trabajo manual

Fuente: Autor

Al seleccionar modo MANUAL se codificó que se energice el contacto interno *Ayuda manual*. Para iniciar el ciclo de trabajo siempre se debe pulsar *STAR* en el panel de control principal, el cual permite que la salida 6 del PLC se active permitiendo controlar todos los elementos a través de pulsadores e interruptores. Hay que destacar que si se desea parar el ciclo se debe presionar *STOP*.

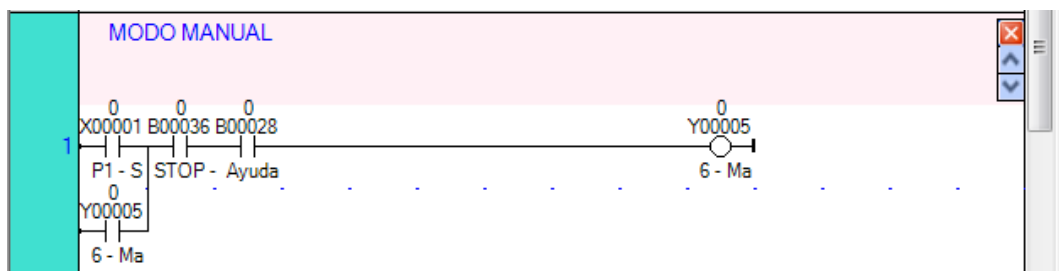


Figura 95. Ladder de trabajo modo manual

Fuente: Autor

Al elegir mediante el selector de posiciones modo AUTOMÁTICO activa el circuito y se despliega el display número 2 que se modela a continuación:

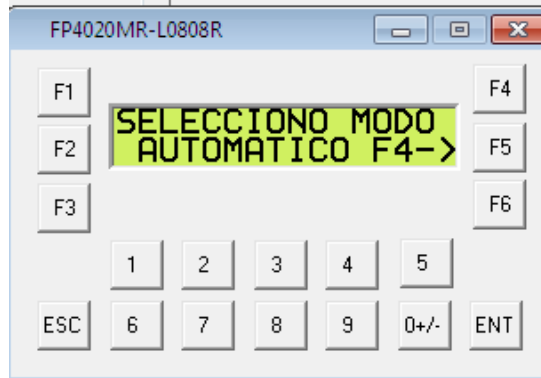


Figura 96. Display del PLC modo de trabajo automático

Fuente: Autor

Para desplazarse a la siguiente pantalla para elegir de qué diámetro se desea fabricar los tubos de hormigón se presiona la tecla funcional F4. Para proseguir la secuencia de elección se debe pulsar la contraseña de seguridad 2012. La siguiente pantalla que aparecerá es la siguiente:

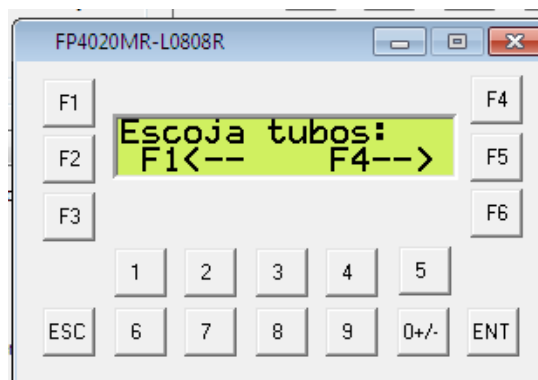


Figura 97. Display del PLC para escoger diámetro de tubos a fabricar

Fuente: Autor

Para avanzar al menú de selección de tubos a fabricar dependiendo el diámetro se debe presionar la tecla F4, en caso de que se desee regresar a la pantalla anterior se presionará la tecla F1.

La elección del diámetro de tubo a fabricar se realizará presionando la tecla funcional que se antepone a las dimensiones de los tubos en dicha pantalla. Por ejemplo si se desea fabricar tubería de 150mm se presionara la tecla F2 y si se desea fabricar tubería de 200mm se pulsará F5.

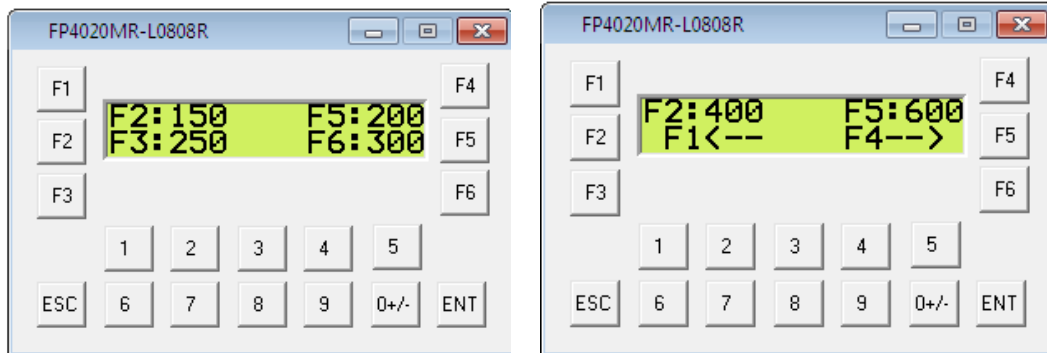


Figura 98. Menú de selección de tubos a fabricar

Fuente: Autor

Al escoger la tubería a fabricar se desplegará una pantalla la cual indicará que se está elaborando tubos de ese diámetro y además mostrara el número de espécimen fabricado así:

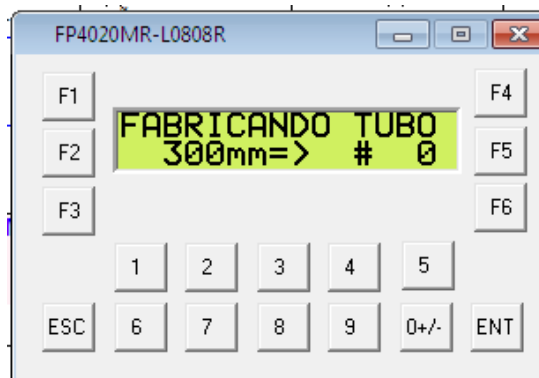


Figura 99. Display del PLC de fabricación de tubería de 300mm de diámetro

Fuente: Autor

Al seleccionar esta pantalla se codificó que se energice la bobina interna *K300* (depende del diámetro seleccionado) y además se llame a la subrutina T300 así.

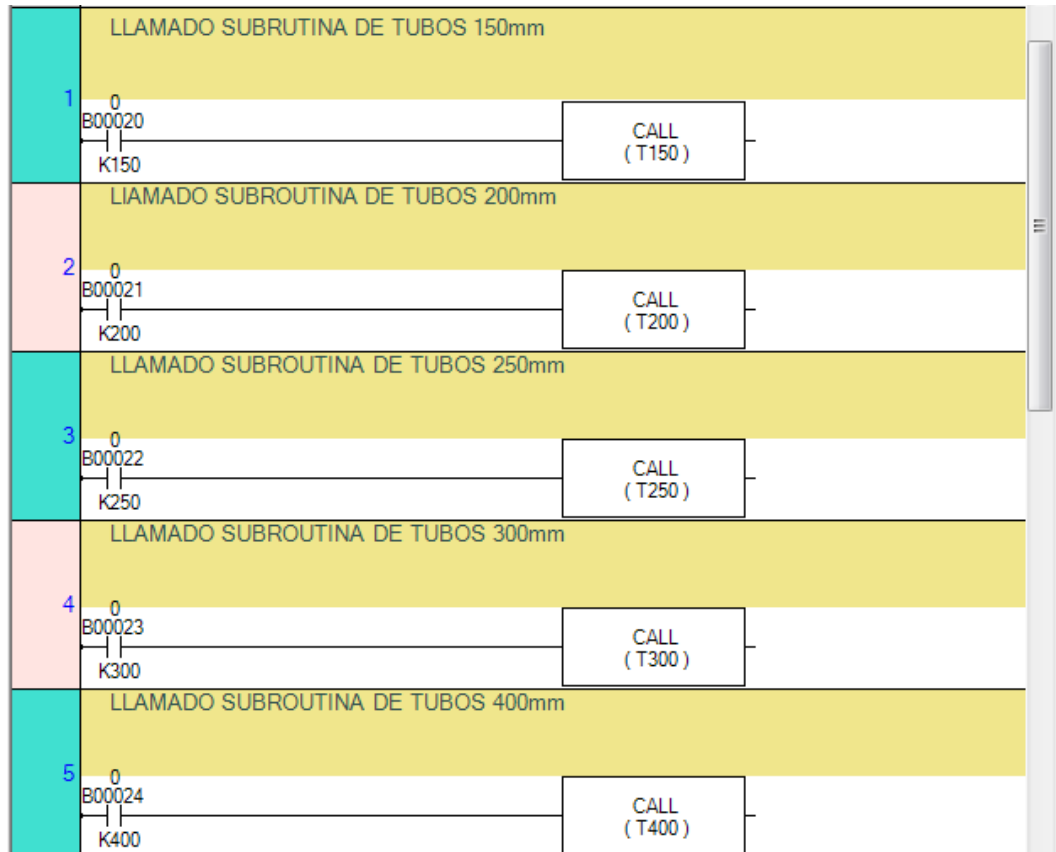


Figura 100. Ladder de llamado de subrutinas

Fuente: Autor

Las subrutinas no son programas independientes. Estos son llamados de programas principales (figura 101). Las subrutinas creadas tienen las características de tipo experimental adecuadas para la fabricación de tubos de hormigón dependiendo el diámetro. Los parámetros que varían entre subrutinas son: el tiempo de vibrado para auto – acomodar, vibro - compresión, procesos manuales y además la secuencia de compactación, mientras que los parámetros para colocar arandela base y puesta a punto, retirar excedente de material, colocación de cauchos y previa colocación del espécimen en la canastilla transportadora, etc. permanecen constantes.

A continuación se presenta la subrutina para fabricar tubos de diámetro 300mm:

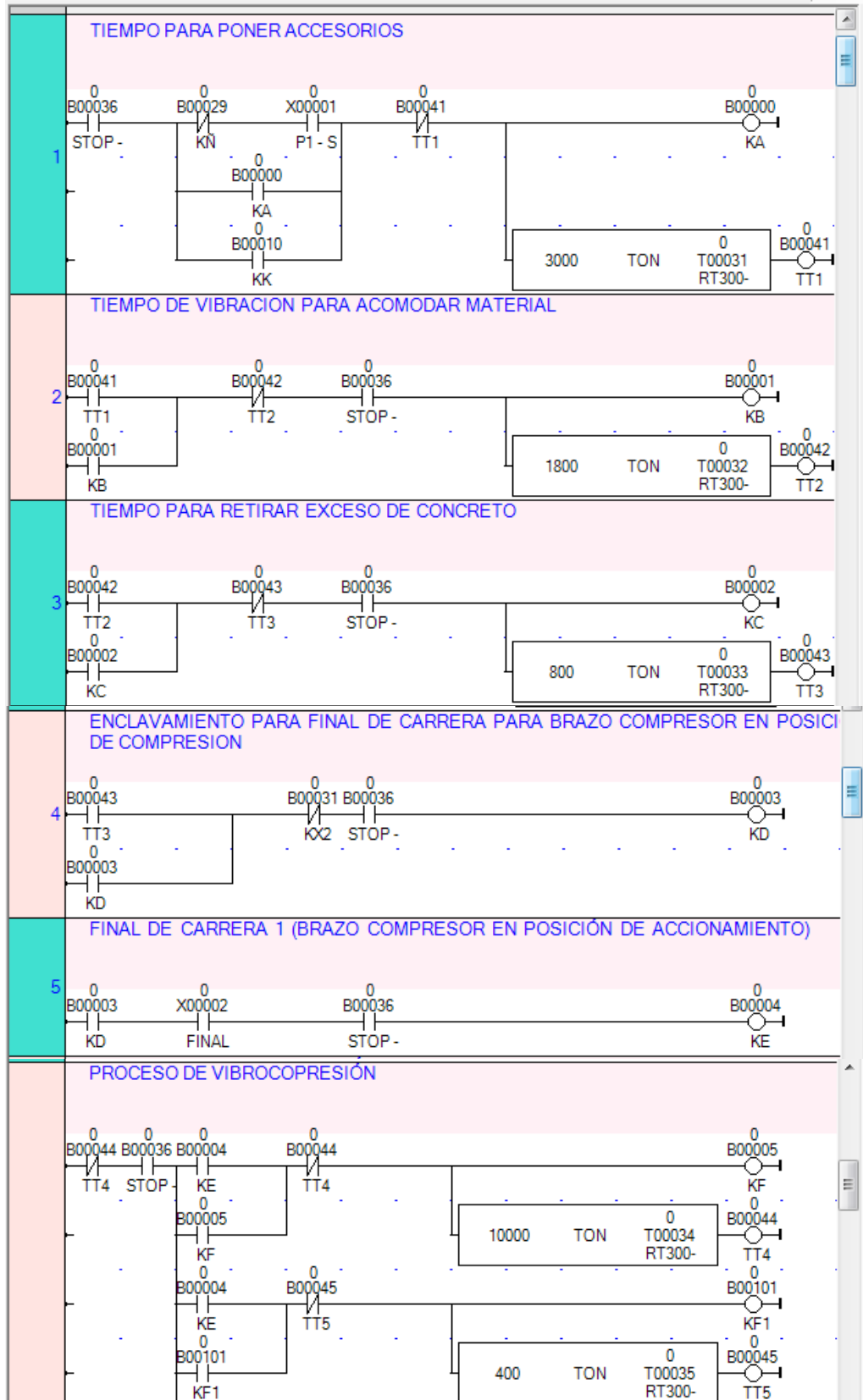


Figura 101. Subrutina de fabricación de tubos de hormigón de 300mm

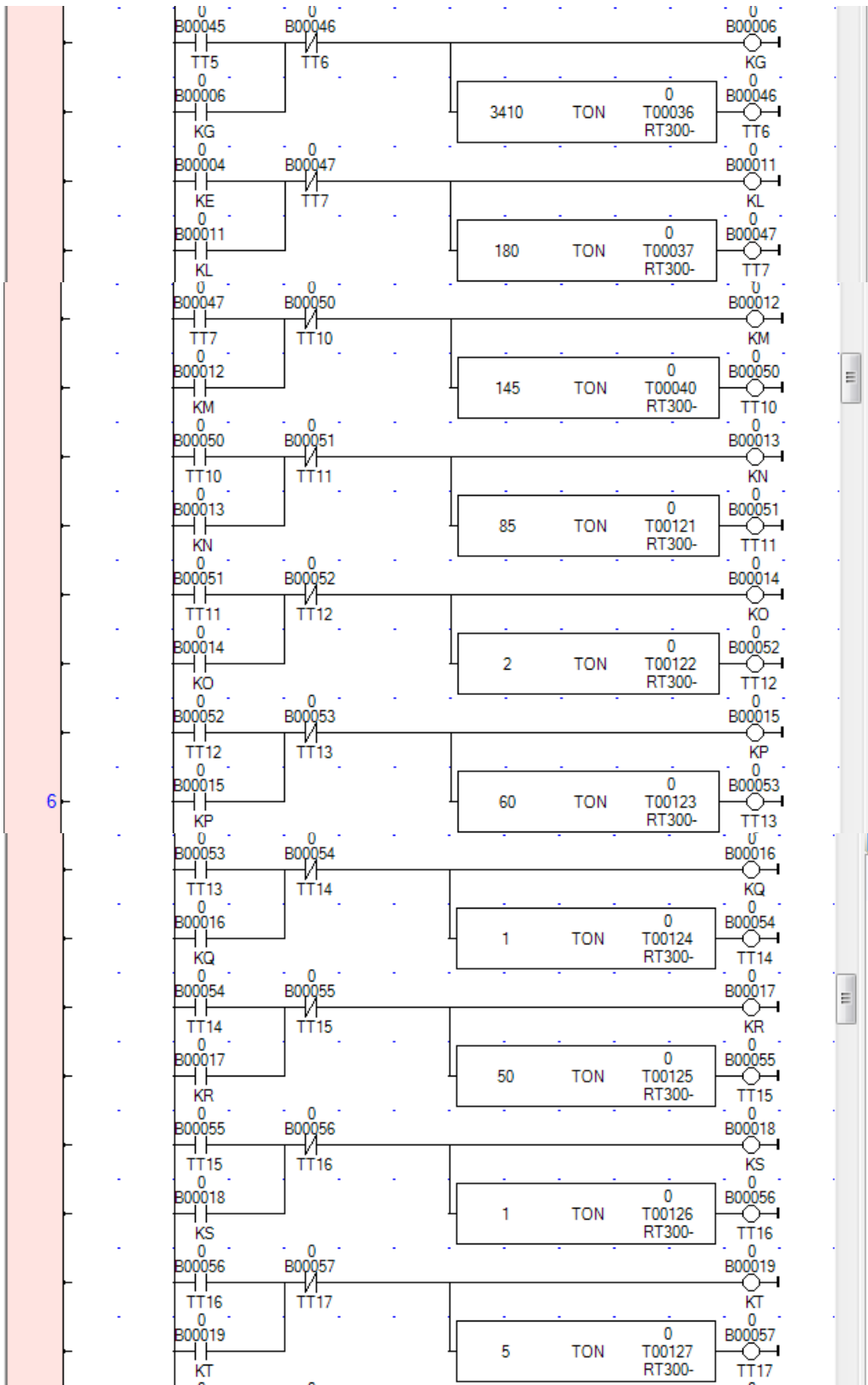


Figura 101..... Continuación.

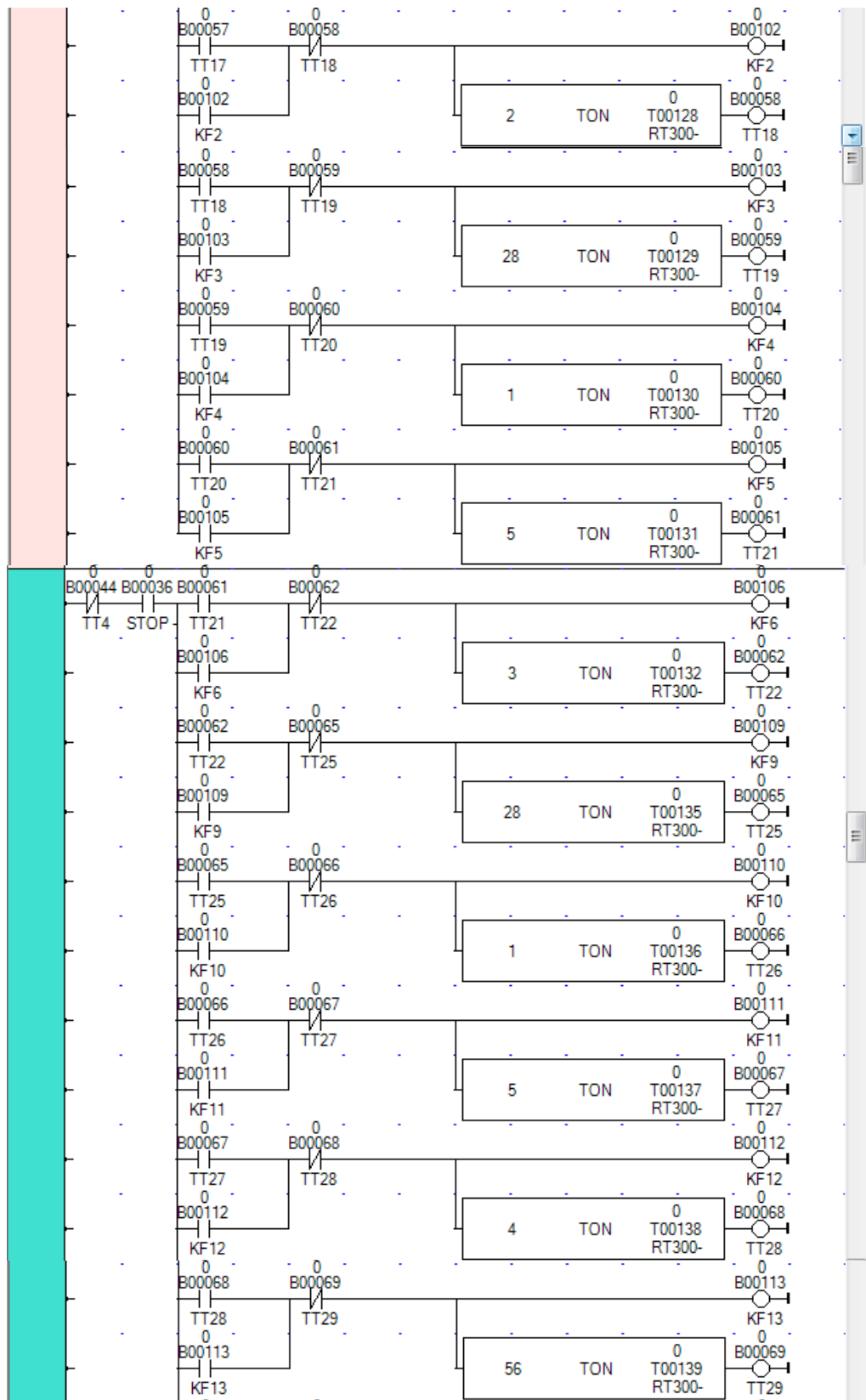


Figura 101..... Continuación.

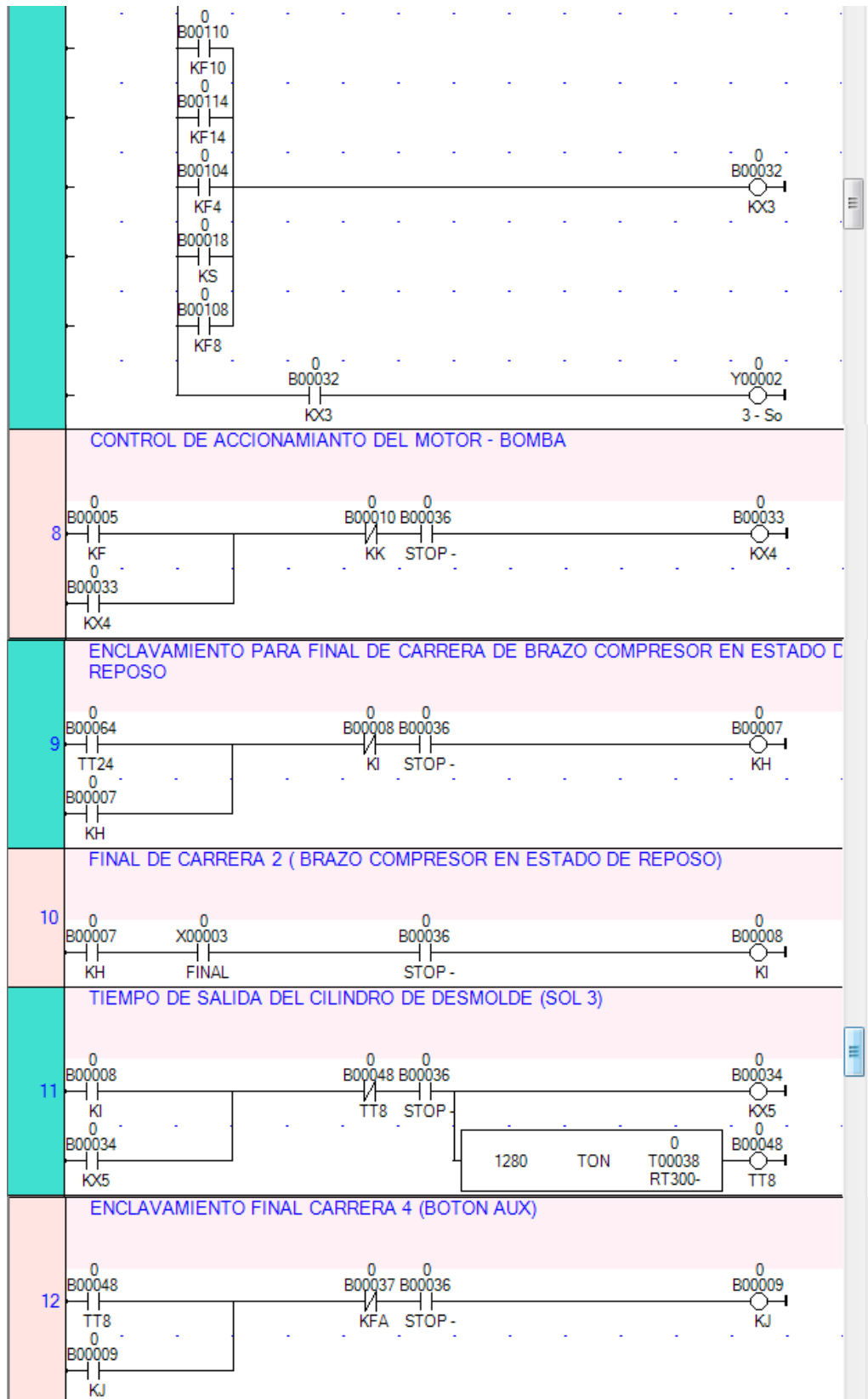


Figura 101..... Continuación.

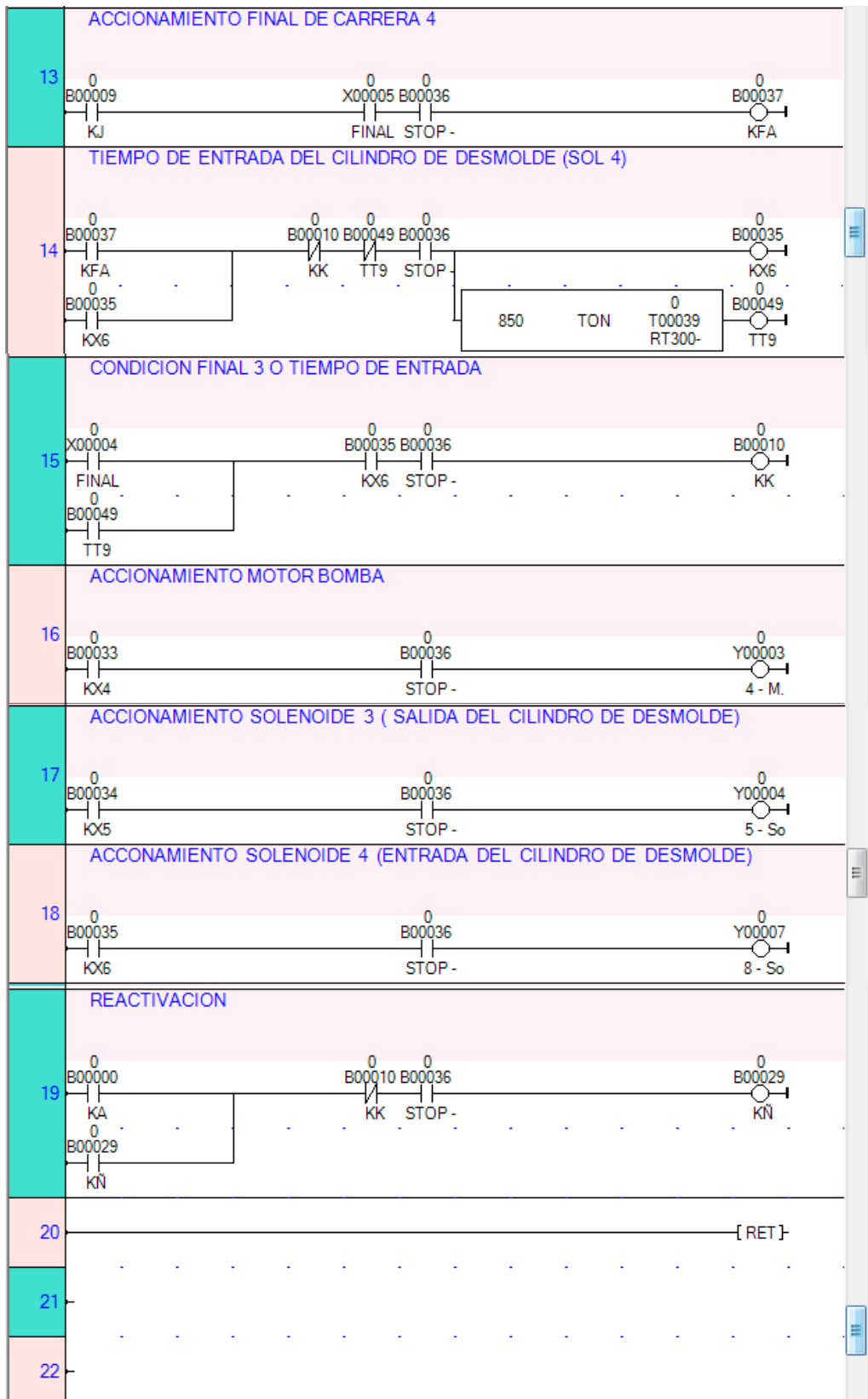


Figura 101..... Continuación.

Fuente: Autor

Para que empiece el ciclo de trabajo se debe pulsar *STAR* en el panel de control principal, el cual permite que el proceso de trabajo sea automático. Hay que destacar que si se quiere parar el ciclo se presionara *STOP*.

Al pulsar *STAR* el modo automático empieza a cumplir su secuencia lógica, pero en primera instancia se debe asegurar que el molde intermedio se encuentre a nivel del piso y además que el cilindro de compresión se encuentre en el estado de reposo. Al iniciar el ciclo se dota de un tiempo para colocar la arandela base y la mezcla, luego empieza la fase de vibración la cual auto - acomoda el material necesario para que los tubos no difieran sus características tanto de longitud y compactación, entre otras. Seguidamente se retira el material excesivo con la ayuda de palas.

Al terminar esta etapa se coloca el brazo compresor en posición de trabajo el cual activa el Final de carrera 1, en ese instante empieza el tiempo de vibro – compactación; este proceso inicia en primer lugar con la extensión del cilindro de compresión gracias a la energización del solenoide 1, después se habilita un momento de vibración y seguidamente se produce la compactación que se basa en presionar con la ayuda del anillo oscilante ubicada en el brazo compresor por 3 veces, de esta manera se compacta y se da forma a la campana hembra del tubo.

Al terminar la vibro – compactación se retira el brazo compresor al área de reposo, activando el Final de carrera 2 que permite la activación del solenoide 3 y por ende la extensión del cilindro de desmolde el cual permite la expulsión del tubo hacia el exterior. En ese instante se dota al tubo de cauchos en la parte superior e inferior que impiden la deformación del espécimen fabricado y después se lo coloca en la canastilla transportadora.

Al colocar esta última se presiona el pulsador *Aux* el cual energiza la electroválvula 4 y permite que el cilindro de desmolde cumpla su retracción cumpliendo así el ciclo de fabricación de un tubo. El final de carrera 3 desactiva la electroválvula 4 al ser presionado.

Este ciclo de producción es repetitivo además presenta la ventaja de contabilizar los tubos fabricados.

6.6.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.

6.6.3.1. INDICACIONES BÁSICAS PARA EL MONTAJE.

Se debe instalar la máquina en un área con cubierta para protección contra lluvias; el tablero eléctrico de control se debe encontrar en un área seca, libre de aceite, corrientes de aire o ambientes de grasa que afecten el buen funcionamiento de los controles eléctricos de la máquina.

Para un correcto desempeño de la prensa vibro – compactadora se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:

a) Anclaje y nivelación:

La máquina debe estar montada en un área con fundición de concreto ya que es necesario nivelarla correctamente para su buen funcionamiento. El anclaje de la máquina se lo realiza con pernos en los puntos de sujeción, además se colocarán elementos de caucho en los puntos de apoyo sobre el piso para absorber la vibración y aumentar la vida útil.

b) Ensamble:

Se debe observar y verificar que todas las partes mecánicas y eléctricas de la máquina estén conectadas adecuadamente. De igual forma es importante verificar el nivel de aceite hidráulico en el sistema.

c) Acometidas:

Hay que verificar que se encuentre correctamente acopladas todas las tuberías al sistema hidráulico y de igual forma la red eléctrica de acuerdo con la descripción de los planos respectivos.

Es necesario que se tenga mucho cuidado con los agregados en el mezclado ya que de contener piedras u objetos de gran diámetro pueden causar un atrancamiento de las paletas. Esto puede dañar la transmisión o el motor, Por eso se recomienda que los agregados sean triturados o cernidos previamente.

6.6.3.2. OPERACIONES INICIALES DE LA MÁQUINA.

Antes de proceder a una producción continua de prefabricados de hormigón es conveniente observar los siguientes pasos:

a) Conectar línea de energía, según acometida eléctrica.

- b) Energizar el tablero de control.
- c) Comprobar que todos los elementos funcionen correctamente, para esto se utiliza los mandos manuales.
- d) Encender motores del sistema hidráulico y mezcladora.
- e) Verificar que la presión de trabajo sea la correcta.
- f) Accionar los cilindros hidráulicos manualmente y observar que los finales de carrera trabajen correctamente.
- g) Verificar que no existan fugas en mangueras y central hidráulica.
- h) Accionar el sistema de vibración y verificar que el vibrado sea el necesario, en caso de requerir mayor o menor vibración se puede regular con el movimiento de las masas de las excéntricas.
- i) Colocar la arandela base en el molde y verificar que se encuentre en la parte inferior caso contrario retirar y ubicar otra.
- j) Verificar si el programa del PLC es el correcto para el funcionamiento de la máquina.
- k) Arrancar la máquina en vacío y verificar que todos los finales de carrera se activen correctamente.
- l) Realizar un proceso sin material para ver si los actuadores se activan correctamente.
- m) Ver si la compresión del producto es el correcto, caso contrario aumentar la presión.
- n) Verificar que no exista partículas de gran tamaño antes del arranque en la mezcladora, ya que las paletas se pueden atrancar y puede causar graves accidentes.

6.6.3.3. MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.

MANTENIMIENTO MECÁNICO.

- a) El mantenimiento mecánico que se requiere para esta máquina no es tan riguroso. Sin embargo se provee un mantenimiento de tipo preventivo, en las partes eléctricas, mecánicas e hidráulicas, para garantizar su buen funcionamiento.
- b) Antes de empezar con la producción diaria, lubricar con grasa todos los mecanismos móviles tales como guías de moldes, mecanismos de sincronización, rodamientos, etc.

- c) Después de cada jornada de trabajo, la prensa se debe limpiar de todas las partículas de producto y de polvo depositadas en el molde, mesa vibratoria y demás mecanismos.
- d) Comprobar regularmente ajuste de pernos, tuercas, etc.
- e) Cambiar bandas de todos los sistemas de la prensa vibro - compactadora después de haber cumplido su vida útil.
- f) Verificar que las paletas y sus pernos de sujeción de la mezcladora no sufran desgaste caso contrario cambiarlo.
- g) Controlar el buen ajuste de moldes.

MANTENIMIENTO HIDRÁULICO.

Para un óptimo desempeño de la central hidráulica se debe realizar las siguientes inspecciones:

- a) Comprobar el nivel de fluido hidráulico.
- b) Comprobar que no haya fugas de aceite en la bomba, en las mangueras, líneas hidráulicas, en la zona del depósito y cilindros hidráulicos.
- c) Cambiar el filtro hidráulico.
- d) Comprobar que los tornillos de los soportes y bomba hidráulica no estén flojos.
- e) Comprobar la presión del sistema hidráulico.
- f) Comprobar los tiempos de ciclo e índices de desviación del sistema hidráulico.
- g) Cambiar el aceite hidráulico y lavar las rejillas de la boca de llenado.

6.6.4. POSIBLES PROBLEMAS Y SOLUCIONES

Tabla 46. Problemas frecuentes y posibles soluciones.

PROBLEMA	CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN
Motor eléctrico no funciona	Térmicos disparados	Accionar reset de los térmicos en panel de control eléctrico
	Brecker quemados	Cambiar breckers
Cilindros no accionan	Final de carrera no activa	Cambiar final de carrera
	Contactores no accionan	Verificar contactos y conexiones
	Temporizador no funciona	Revisar programa

Tabla 46..... Continuación.

Cilindros no accionan	PLC defectuoso	Revisar estado de entradas y salidas del PLC
	Vástago inmóvil	Limpiar salida del vástago del cilindro de desmolde
	Cilindros en mal estado	Revisar empaques, retenedores.
	Válvulas no accionan	Revisar relés auxiliares, conexiones eléctricas
Vibración no correcta	Excentricidad no adecuada	Regular excéntricas
	Bandas no templadas o dañadas	Templar bandas o cambiar
	Chumaceras dañadas	Reemplazar chumaceras
	Motor no gira	Revisar cableado, térmico
Mezcla no homogénea	Falta tiempo de mezclado	Aumentar tiempo
Productos con fallas	Falta de material en el molde	Aumentar tiempo de vibración para acomodar material
	Desgaste del molde	Cambiar molde
	Desmolde inadecuado	Revisar presión de compresión
Revoluciones de vibrado no adecuado	Bandas no templadas correctamente	Templar bandas
Máquina no acciona	Pulsador de emergencia activado	Revisar posición de pulsador
	Ausencia de energía o presión de aceite	Revisar acometidas, central hidráulica
Pérdida de aceite	Vástago doblado o rayado	Inspección / reparación del componente
	Empaques dañados o inadecuados	

Tabla 46..... Continuación.

Pérdida de aceite	Sellado defectuoso de la manguera y acoplamiento	Asegurar las conexiones
	Conexión de la manguera mal apretada	
Funcionamiento ruidoso	Nivel de aceite bajo	Revisar nivel de aceite
	Filtro obstruido	Inspección / reparación del componente
	Bomba desgastada	
	Válvula de alivio averiada	
Calentamiento excesivo	Nivel de aceite bajo	Revisar nivel de aceite
	Válvula de descarga no acciona	Revisar electroválvulas, bomba, filtros.
	Filtro obstruido	
	Bomba desgastada	
	Válvula de alivio averiada	
	Aceite con viscosidad inadecuado	Revisar aceite
Ciclos lentos	Nivel de aceite bajo	Revisar nivel de aceite
	Vástago obstruido	Retirar el hormigón de la salida del cilindro
	Vástago de cilindros dañado	Inspección / reparación del componente
	Válvula averiada	
	Bomba desgastada	
Movimiento excesivo de la manguera	Alineación y fijación de mangueras deficientes	Inspección / reparación del componente
Válvulas hidráulicas no accionan	Neutro desconectado en el tablero de mando	Revisar cableado
	Contactos de relés auxiliares pegados	Revisar relés en tablero de control
	Bobinas quemadas	Cambiar bobinas

Fuente: Autor

6.7. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó para la elaboración de la presente investigación se la describe a continuación:

Como se mencionó en el capítulo anterior, con el presente proyecto se pretende mejorar el proceso de fabricación de prefabricados de hormigón mediante la implementación de un sistema automatizado acorde con las tendencias tecnológicas actuales, y de esta manera lograr un aumento en la producción y mejora en la calidad de los prefabricados.

Dado que la Fábrica “San Jacinto” nunca ha implementado nueva tecnología a partir de la compra de la prensa vibro - compactadora; se observó que no poseía ningún circuito de control ni potencia y por lo tanto no existía un tablero de control.

Parte de este proyecto ha constituido en la implementación de dicho sistema de comando. Adicionalmente en el sistema hidráulico de la máquina se ha realizado un reemplazo total del sistema de válvulas por un módulo de electroválvulas.

6.7.1. CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DEL PANEL DE CONTROL

El panel de control es el responsable de todos los movimientos de la máquina, y ha sido fabricado y diseñado con base en el PLC FP4020MR – L0808R de la marca RENU Electronics Pvt. Ltd, eliminando la de operación mecánica.

Los tableros de control industrial son conjuntos de dispositivos e instrumentos cableados, tales como controladores, interruptores, relevadores, dispositivos auxiliares y dispositivos de protección de los circuitos que alimentan a los motores.

El tablero de control principal es de acero inoxidable y ocupa un espacio físico, cuyas dimensiones son:

Tabla 47. Dimensiones de tableros de control principal.

Altura	45 cm
Ancho	60 cm
Profundidad	18 cm

Fuente: Autor

Además se dispuso de un panel auxiliar para controlar los movimientos manuales de todos los elementos de la máquina. Esto se requiere para casos de emergencia o cuando existan sobrantes de material que no se pueda operar automáticamente. Sus dimensiones se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 48. Dimensiones de tableros de control auxiliar.

Altura	50 cm
Ancho	25 cm
Profundidad	20 cm

Fuente: Autor

6.7.1.1. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL TABLERO.

El tablero fue diseñado y fabricado utilizando componentes de alta calidad y confiabilidad tomando muy en cuenta la reutilización de componentes ya existentes en la planta. Entre las características más importantes tenemos las siguientes:

- ✓ Activación independiente entre el circuito de control y potencia.
- ✓ Protección para cortocircuito y sobrecarga mediante breckers y guarda motores o relés térmicos.
- ✓ Regletas terminales de fácil acceso, claramente identificadas, protegidas y montadas en soportes de riel inclinados para facilidad de montaje y mantenimiento.
- ✓ Cableado provisto con terminales de presión en todas sus puntas.
- ✓ Borneras perfectamente ajustadas y distribuidas según las necesidades de utilización.
- ✓ El elemento principal para la elaboración del tablero de control fue el PLC.

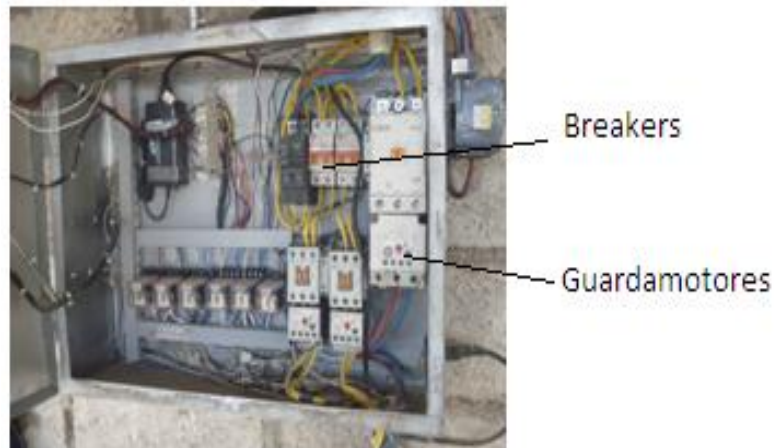


Figura 102. Breckers y relés térmicos

Fuente: Autor

6.7.1.2. ETAPAS CONSTRUCTIVAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

COLOCACIÓN DE RIEL DIN Y CANALETAS

Los elementos del tablero fueron montados en rieles DIN, mientras que el cableado se contienen en canaletas plásticas. Para el mencionado cableado se utilizó cable AWG#18, siendo este cable eficiente para manejar tensiones medias además de disponer el diámetro adecuado para los bornes de los elementos usados.

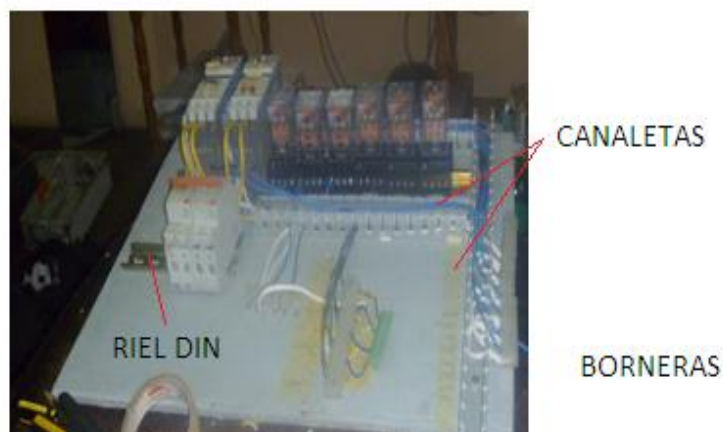


Figura 103. Riel DIN, canaletas y borneras

Fuente: Autor

ACOMETIDA ELÉCTRICA

Se implantó la acometida de 220V y 110V CA al tablero de control ubicada en la parte superior derecha. El tablero posee un interruptor magnético (brecker) para desconectar la alimentación de la corriente principal de circuito de potencia y circuito de control y así conseguir una protección en el caso de sobrecargas o cortocircuitos o algún desperfecto externo al tablero.

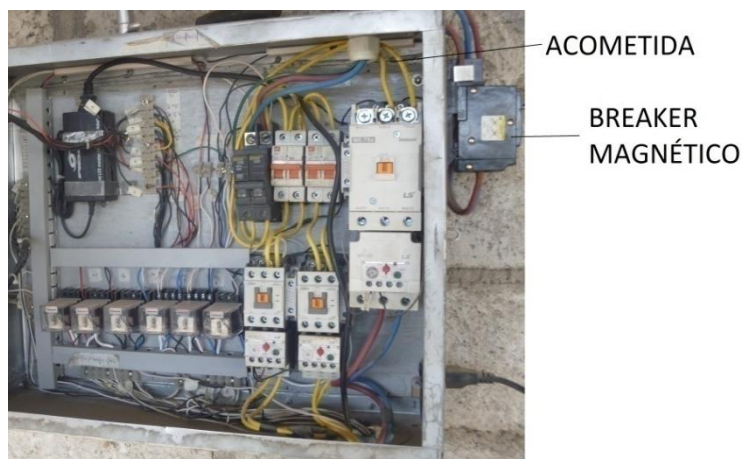


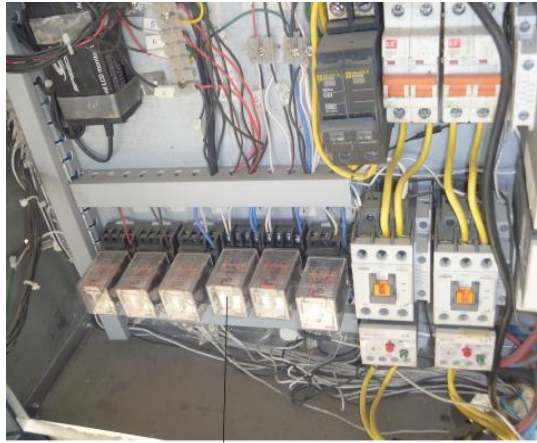
Figura 104. Acometida monofásica del Tablero

Fuente: Autor

Se cableó desde el tablero hasta los terminales del motor utilizando el diagrama de la figura 59 con conductor #10 AWG y además se los colocó dentro de manguera anillada metálica para evitar deterioros y daños en los mismos.

RELÉS AUXILIARES

El consumo de energía de las bobinas de las electroválvulas es de 3,5 a 4 A (amperios) y la capacidad máxima de las salidas de relé del PLC es de 2 A por lo que se necesita de relés auxiliares de hasta 10 A de capacidad en los contactos, cuyas bobinas son controlados por el autómata.



Relés auxiliares

Figura 105. Relés auxiliares

Fuente: Autor

TRANSFORMADOR

El tablero posee un transformador 110V AC / 24V DC tiene la función de alimentar al PLC y sus respectivas bobinas del módulo de entrada.



Figura 106. Transformador

Fuente: Autor

ELECTROVÁLVULAS

En la parte externa de la máquina se encuentran colocadas las electroválvulas, las cuales reciben las señales emitidas por el PLC y energizan al solenoide para que exista el cierre o la apertura de la válvula interna que permite el paso o el corte de fluido y por lo tanto el funcionamiento correcto y oportuno de cada cilindro.



Figura 107. Electroválvulas

Fuente: Autor

LUCES PILOTO

Debido a que las salidas del PLC están energizadas con 220V AC, conectadas directamente a los relés auxiliares de las electroválvulas y contactores, se ha adquirido luces piloto en ese voltaje. Estos dispositivos se instalan en el panel de control realizando orificios para empotrarlos generalmente en la puerta.



Figura 108. Luz piloto

Fuente: Autor

INTERRUPTORES Y PULSADORES

A estos dispositivos en primera instancia se realizó una prueba de continuidad para verificar su estado, lo cual se realiza con un multímetro. De igual manera se verifica el correcto estado de las dos posiciones en el caso de un interruptor.

Se los montó e instaló de igual manera en la puerta de tablero de control, realizando orificios y sujetándolos de manera segura para su posterior cableado.



Figura 109. Interruptor, selector de 3 posiciones y pulsadores

Fuente: Autor

PLC

El PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

La función básica de los PLCs, es la de reducir el trabajo del usuario a realizar el programa, es decir, la relación entre las señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida.



Figura 110. PLC

Fuente: Autor

SENSORES MAGNÉTICOS O FINALES DE CARRERA

Fuera del tablero de control se encuentran instalados tres sensores o finales de carrera que son los dispositivos limitantes para seguir el proceso de producción. Este tipo de sensores son conmutadores de 2 posiciones con retorno a la posición de reposo dotados de un botón o una palanca de accionamiento.

Este conjunto es el que controla: La etapa de vibro- compresión, salida y entrada del cilindro de desmolde. Este sistema funciona en dependencia con la máquina para precautelar la seguridad del trabajador.



Figura 111. Finales de carrera

Fuente: Autor

A continuación se detallan los elementos que se utilizó en el cableado del tablero de distribución.

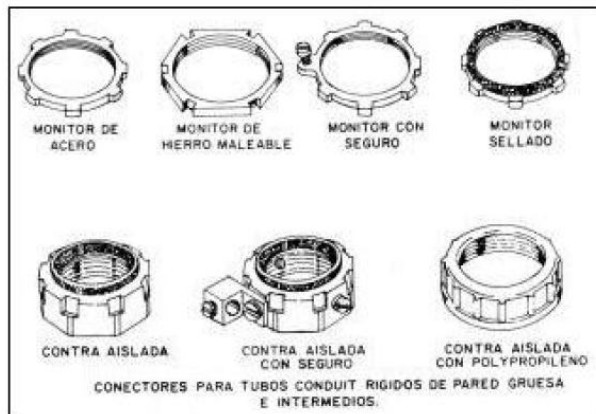


Figura 112. Conectores

Fuente: Autor



Figura 113. Abrazaderas

Fuente: Autor

6.7.1.3. UNIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DEL TABLERO DE CONTROL

Para el montaje de los elementos que constituyen el circuito de control eléctrico, se analizó previamente en el apartado anterior todos aquellos dispositivos eléctricos que intervienen para el funcionamiento de la máquina. Además se siguió el diagrama de control proyectado (figura 61).

Los dispositivos del tablero de control anteriormente descritos, fueron ubicados de acuerdo a las necesidades de la prensa vibro compactadora y los operarios.

El tablero de mando en el exterior lo conforman:



Figura 114. Componentes del tablero de mando. (1) Tablero metálico 60x45x18 cm, (2) interruptor de encendido del PLC, (3) selector de 2 posiciones, (4) pulsador de inicio, (5) pulsador de paro de emergencia, (6) PLC, (7) luces piloto rojas, (8) luces piloto verdes.

Fuente: Autor

El tablero de control en el interior está formado por:

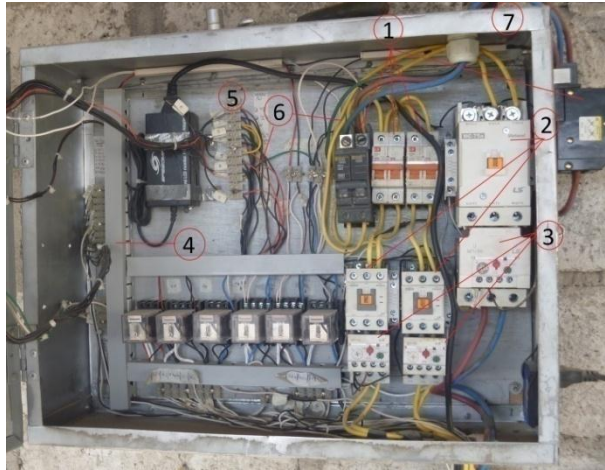


Figura 115. Circuito de control. (1) Breckers principal y secundarios, (2) contactores, (3) guarda motores, (4) regleta, (5) borneras, (6) cableado, (7) conectores.

Fuente: Autor

6.7.1.4. SECCIÓN MANUAL / AUTOMÁTICA

El tablero se diseñó con la condición de manipular en forma manual y automática; debido a que si existiera algún error en el PLC, el operador tenga la facilidad de seguir utilizando la máquina de manera manual. Para la selección del modo a utilizar se utilizó un selector de tres posiciones.

En el panel de control manual existen pulsadores para la manipulación de los cilindros tanto de compresión y desmolde, mientras que para la activación de los motores de la bomba hidráulica y de los vibradores se utilizó interruptores.



Figura 116. Panel de control del operador

Fuente: Autor

6.7.2. MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO

En el montaje e implementación del sistema hidráulico estarán presentes principios y conocimientos técnicos tales como interpretación de planos, la utilización y manejo de herramientas y la utilización adecuada de materiales que evitarán fugas de aceite como selladores (permatex), teflón y sellos de caucho (O-rings).

MONTAJE DE MANIFOLD

Los manifolds fueron adquiridos dependiendo de las dimensiones de los conductos de las electroválvulas. Para verificar el funcionamiento de las electroválvulas se realizó un estudio de las conexiones internas, seguidamente se realizó la conexión entre manifolds en serie.



Figura 117. Conexión de manifolds en serie

Fuente: Autor

MONTAJE DE TUBERÍAS, MANGUERAS Y ACOPLER HIDRÁULICOS.

Utilizando los planos del circuito hidráulico diseñado (figura 85) se realizó las conexiones respectivas al bloque manifold principal como son: entrada de presión desde la bomba hidráulica, la salida a tanque, la línea de avance y de retroceso de los cilindros de compresión y desmolde. Para ello se utilizó llaves de tubo y pico para los ajustes.

MONTAJE DE VÁLVULA DE ALIVIO Y REGULADORA DE CAUDAL.

Después de constatar el funcionamiento se procedió con el montaje de cada una de ellas en el bloque manifold, se inició con el montaje de una té la cual permitiría el acople de el manómetro de presión seguido de la válvula de alivio que permite

regular el excedente de presión. Cabe indicar que se utilizó para el acople los O-rings y teflón para evitar pérdidas de fluido.



Figura 118. Montaje de válvula de alivio

Fuente: Autor

Seguidamente se identificó cual de las cañerías del manifold permitirá el paso de fluido al cilindro de desmolde para colocar la válvula reguladora de caudal que permitiría regular la velocidad de extensión de dicho sistema.



Figura 119. Montaje de la válvula reguladora de caudal

Fuente: Autor

MONTAJE DE ELECTROVÁLVULAS.

Las conexiones de las distintas salidas y entradas de fluido se realizó con O-rings y teflón de esta manera se evitó fugas de aceite hidráulico al momento de trabajar, estas electroválvulas se sujetaron al bloque manifold secundario cada una con 4 pernos Allen de 3/16 x 3 pulgadas, fueron montadas en las posiciones designadas

según la simbología que tienen y la distribución interna de los conductos en el bloque hidráulico.



Figura 120. Montaje de electroválvulas

Fuente: Autor

MONTAJE DEL FILTRO DE ACEITE HIDRÁULICO.

Es importante la presencia del filtro porque muchas veces existen cuerpos extraños en el interior del circuito hidráulico, de esta manera se evita daños en los elementos del sistema.



Figura 121. Montaje de filtro hidráulico

Fuente: Autor

Una vez concluida la instalación de todo el circuito hidráulico, se procedió a fijar el circuito en la columna del eje del brazo compresor mediante pernos, completando así el sistema hidráulico.



Figura 122. Fijación del sistema hidráulico

Fuente: Autor

6.7.3. CONSTRUCCIÓN MECÁNICA DEL TABLERO DE CONTROL PRINCIPAL Y MANUAL Y PREVIO MONTAJE.

Se construyó dos tablero de control en los cual se colocaron los elementos eléctricos, electrónicos e hidráulicos tanto de circuitos de control y potencia, fue indispensable la construcción y montaje de estos tableros puesto que de esta manera el operador podrá manipular el panel de mando, visualizar las operaciones que realiza la máquina. Además podrá identificar las presiones de trabajo del sistema y también regular la velocidad requerida para el sistema de desmolde.

CORTE Y TRAZADO.

Se cortó una plancha de acero de 3 mm de espesor con dimensiones de 90 cm x 65 cm, para esto se utilizó una amoladora con disco de corte, luego se distribuyó las áreas de manera uniforme para que puedan ser trazadas con total claridad por el operador. Para este proceso se utilizó un flexómetro, rayador y una escuadra.

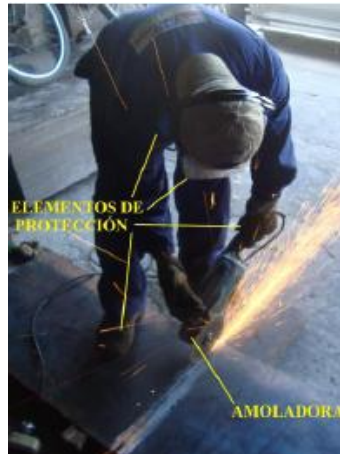


Figura 123. Corte y trazado de la plancha de acero para la construcción de tableros de control

Fuente: Autor

Para el corte de las circunferencias donde se montará el manómetros y cañerías, se utilizó oxicorte el cual es un proceso que crea una flama de alta temperatura que funde al material y lo corta dejando en su trayectoria gran cantidad de escoria, para eliminar ese mal acabado y dejar una superficie lisa donde se pueda ingresar el elemento se utilizó un Motor Turn la cual es una máquina pulidora que gira a 8000 rpm con una piedra diamantada.



Figura 124. Corte y pulido de las circunferencias

Fuente: Autor

DOBLADO Y PINTADO

Para cubrir a los elementos que van montados en el tablero y permitir una mejor visualización por el operador se realizaron cuatro doblados, dándole al tablero una forma octogonal, para ello se utilizó una dobladora manual.



Figura 125. Doblado de tableros de control

Fuente: Autor

Seguidamente se pintó al tablero con pintura anticorrosiva para evitar su deterioro y además para la comprensión del operador se etiquetaron los nombres de los elementos.



Figura 126. Pintado y etiquetado de paneles de control

Fuente: Autor

MONTAJE DE PANEL DE CONTROL

Se empotró el tablero de control principal a la pared a una altura considerable para su manejo. Mientras que el tablero de control manual que protege el circuito hidráulico se sujeto con 3 pernos Allen de 5 /16 x 1 pulgada a la estructura de la prensa, una vez ahí se montaron todos los elementos y se realizaron sus conexiones respectivas.



Figura 127. Montaje del tablero de control

Fuente: Autor

6.8. ADMINISTRACIÓN

6.8.1. ANÁLISIS DE COSTOS

Para realizar este análisis se debe destacar que los costos no se pueden predecir en su totalidad, pero los dispuestos nos brindan una referencia útil y muy confiable, para realizar una planeación, control y toma de decisiones administrativas.

6.8.1.1. COSTOS DIRECTOS

Se consideró costos directos a los materiales utilizados en la implementación de tecnologías de automatización en la prensa vibro – compactadora.

Tabla 49. Costos directos

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD MEDIDA	P. UNITARIO USD	SUBTOTAL USD
1	1	PLC RENU	Unidad	375.5	375.50
2	4	Final de carrera	Unidad	2.50	10
3	2	ContactadorGMC32 220V	Unidad	34.65	69.30

Tabla 49..... Continuación

4	1	Contactador GMC75 220v	Unidad	67.73	67.73
5	2	Relé térmico GTK - 40	Unidad	24.73	49.46
6	1	Relé térmico GTK - 85	Unidad	26.98	44.50
7	1	Brecker 2x90A	Unidad	26.98	26.98
8	1	Base P/Brecker	Unidad	5.77	5.77
9	2	Relay 24VDC 11 pines	Unidad	4.68	9.36
10	4	Relay 220VAC 11 pines	Unidad	4.28	17.12
11	6	Base P/Relay11 pines 10 A	Unidad	2.04	12.24
12	5	Luz piloto 220V-22mm verd	Unidad	1.65	8.25
13	2	Luz piloto 220V-22mm roja	Unidad	2.79	5.58
14	1	Selector 3 posiciones 22mm	Unidad	2.79	2.79
15	1	Pulsador 22mm doble	Unidad	2.86	2.86
16	4	Pulsadores 22mm	Unidad	1.80	7.20
17	1	Riel DIN	Metro	2.15	2.15
18	150	Cable flexible #18	Metro	0.20	30
19	15	Cable flexible #8	Metro	1.20	18
20	1	Fuente 110VAC24VDC	Unidad	25	25
21	4	Bornera	Unidad	0.9	3.60
22	2	Correas plásticas	Unidad	2	4
23	2	Canaleta plástica	Metro	1.5	3
24	12	Terminal eléctrico plano	Unidad	0.05	0.60
25	12	terminal eléctrico hembra	Unidad	0.05	0.60
26	4	Interruptores	Unidad	0.40	1.60
27	3	Luz indicadora 220V	Unidad	0.35	1.05
28	8	Pernos M8 3/4x1"	Unidad	0.24	1.92
29	4	Tornillo autoroscable5/16x2"	Unidad	0.29	1.14
30	1	Manómetro 250 bares	Unidad	45	45
31	2	Electroválvula	Unidad	465	930
32	2	Manifold	Unidad	125	250
33	1	Válvula de alivio	Unidad	180	180
34	1	Válvula reguladora de caudal	Unidad	65	65
35	10	Aceite hidráulico ISO 68	Galón	10	100
36	1	Filtro de descarga	Unidad	110	110

Tabla 49..... Continuación.

37	1	Racores y accesorios	Varios	175	175
38	3	Teflón	Unidad	0.60	1.80
39	8	Sellos de caucho	Unidad	0.50	4
40	3	Pintura	Litro	3	9
41	3	Lija	Pliegos	0.50	1.50
42	1	Calcomanías identificadoras	Unidad	6	6
43	1.5	Plancha de tol 122x244cmx3mm	Unidad	40	60
				TOTAL	2744.60

Fuente: Autor

De la tabla 49 se indica que los costos en la compra de materiales para construir e implementar el sistema automatizado tienen un costo total de 2744.60 dólares.

6.8.1.2. COSTOS INDIRECTOS

Corresponden a todos los costos de utilización en lo que se refiere a maquinaria utilizada, mano de obra y otros gastos que fueron necesarios para la culminación del proyecto planteado.

Tabla 50. Costos mano de obra

CARGO	HORAS TRABAJADAS	COSTO POR HORA	SUBTOTAL (USD)
Cerrajero	3	3	9
Operario producción de tubos	16	2.25	35.84
Soldador	2	4	8
Programador	2	30	60
Técnico eléctrico	48	6	288
Técnico hidráulico	12	6	72
Investigador	240	2	480
Fiscalizador de tubos	180		180
TOTAL			1123.85

Fuente: Autor

Tabla 51. Costos de maquinaria y herramienta

CARGO	HORAS TRABAJADAS	COSTO POR HORA	SUBTOTAL (USD)
Suelda eléctrica	1.4	1	1.4
Taladro	2	4	8
Pulidora	3	1	3
Plasma	2	5	10
Motor turn	3	1.5	4.50
		TOTAL	26.90

Fuente: Autor

Tabla 52. Costos varios

DESCRIPCIÓN	SUBTOTAL (USD)
Material de oficina	35
Transcripciones	20
Copias	20
Impresiones	25
Internet	24
TOTAL	124

Fuente: Autor

Los costos que influyen indirectamente a la implementación del sistema automatizado tienen un total de 1093.90 dólares.

6.8.1.3. COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN

Tabla 53. Costo total

COSTOS	SUBTOTAL (USD)
Directo	2744.60
Indirecto	1273.90
SUBTOTAL	4018.50
10% Imprevistos	401.85
TOTAL	4420.35

Fuente: Autor

6.8.2. FINANCIAMIENTO

La inversión fue cubierta en su totalidad por parte del Sr. Segundo Amancha propietario de la Fábrica “San Jacinto” interesado y beneficiado por el proyecto.

El valor de la inversión es 4222.35 dólares, rubro que fue desembolsado de acuerdo a la necesidad que se presentó en la elaboración del proyecto.

6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

6.9.1. CALIBRACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA

La calibración y la puesta a punto de la máquina, consisten en procurar que cada uno de los sistemas que conforman la máquina, funcionen en sincronización para evitar una falla en el ciclo que debe cumplir o para evitar la ruptura de un lazo que se deberá cerrar.

- ✓ Para la dosificación, la calibración consiste en colocar las cantidades exactas de cada una de los componentes del concreto, con el propósito que los tubos tengan las propiedades adecuadas y además sean homogéneos todos los tubos fabricados.
- ✓ Se debe prever que esté colocado el aro o arandela base debidamente aceitada en la parte inferior de la estructura del molde. Estos elementos deben tener dimensiones específicas y una forma determinada, de manera que tengan mínima fricción entre acero – acero, esto evitará un posible atascamiento entre arandela y molde.
- ✓ La calibración para el sistema de alimentación de la mezcla, consiste en posicionar en el nivel del piso el molde intermedio que está sujeto al cilindro de desmolde, logrando que después del vibrado para auto acomodar el hormigón se pueda retirar el excedente de hormigón. El posicionamiento se realiza a través de un final de carrera colocado en la parte inferior del molde exterior, el cual es regulable para ubicar la posición ideal de funcionamiento.
- ✓ El sistema de vibración tiene una calibración especial, debido a que es un sistema que está expuesto a oscilaciones leves y bruscas producidas por el motor, el cual se encuentra acoplado a un eje con dos excéntricas. Las

excéntricas deben ser colocadas en el eje, en una posición que permita la vibración forzada de la mesa, pero que a la vez impida el paso de la vibración al resto de la máquina. Esto se logra colocando 4 cauchos debajo del molde exterior expuesto a vibración, evitando que la vibración afecte al resto de la máquina. Además se debe verificar que la banda esté correctamente alineada entre el eje del motor y el eje transmisor, la banda no debe estar ni floja ni ajustada para evitar que ésta patine.

- ✓ Para calibrar el sistema de compresión se debe tomar en cuenta la longitud de la carrera del actuador hidráulico, el cual proveerá de presión ayudando a compactar y dar forma a la superficie hembra de la campana.
- ✓ El sistema de desmolde, depende de una atención especial en cuanto a la calibración, ya que el molde intermedio debe poseer una velocidad no tan elevada de manera que en el instante de ser expulsado el tubo no se deforme o rompa. El cilindro que eleva este molde está provisto de una válvula reguladora de caudal que permite la variación del paso de fluido controlando así la velocidad de dicho actuador.
- ✓ El transporte debe ser cuidadoso ya que la mezcla aún se mantiene húmeda y puede sufrir daños si tiene algún tipo de impacto con cualquier objeto sólido. El piso donde se deposita debe ser una superficie plana y firme, que permita seguir el proceso de fabricación de una manera apropiada.
- ✓ Después del período de endurecimiento inicial o fraguado, los tubos se retirarán de las arandelas base y se colocan apilados verticalmente, dejando espacios de unos 2 centímetros entre ellos para que circule el aire. Después se procede al período de curado que consiste en mantener durante los primeros siete días por lo menos, las condiciones de humedad necesarias para que se desarrolle la resistencia y otras propiedades deseadas.

6.9.2. PRUEBAS

Una vez instaurada la tecnología de automatización de la máquina para mejorar los niveles de producción se debe realizar una serie de pruebas que permitan determinar un correcto desempeño de la prensa vibro - compactadora y el montaje adecuado de

las partes que forman parte de la misma por lo cual se analiza los parámetros principales:

6.9.2.1. PLAN DE PRUEBAS.

Las pruebas que se realizaron en la máquina fueron las siguientes:

- a) Pruebas de operación del sistema eléctrico.
- b) Prueba de fugas de aceite hidráulico.
- c) Pruebas de presión en el sistema hidráulico.
- d) Prueba de finales de carrera
- e) Prueba de activación de los actuadores.
- f) Prueba de luces indicadoras del tablero de control.
- g) Tiempo de vibrado para una correcta alimentación de hormigón en el molde.
- h) Tiempo de vibro - compactación
- i) Tiempo de desmolde.

6.9.2.2. PRUEBAS Y RESULTADOS.

La descripción y resultados del plan de pruebas son:

a) Pruebas de operación del sistema eléctrico.

Las pruebas dentro de éste sistema constan de la capacidad de corte, protección y envío de señales de cada uno de los elementos para todo el sistema: PLC, motor, transformador, fuente de alimentación continua y relés.

b) Prueba de fugas de aceite hidráulico.

Luego de realizar todas las conexiones hidráulicas se tuvo que comprobar que todos los elementos conectados cumplan su función principal, por lo tanto se arrancó el motor el cual hizo que la bomba mueva el fluido hidráulico por todo el sistema llegando a cada elemento, estos fueron maniobrados hasta conseguir el movimiento de la prensa, al realizar este funcionamiento no se observaron fugas de aceite en los acoples de las mangueras y las tuberías.

c) Pruebas de presión en el sistema hidráulico.

Después de verificar que el fluido hidráulico recorrió todas las mangueras, tuberías, válvulas y bloques hidráulicos hasta lograr el movimiento de la prensa, se comprobó que la presión generada en la práctica se acercaba a la presión teórica calculada llegando a la conclusión que no existen pérdidas de presión, esto se identificó con la ayuda del manómetro el cual muestra las presiones existentes del sistema.

d) Prueba de finales de carrera

Estos sensores tienen un contacto abierto y un contacto cerrado, se utilizó el contacto abierto debido que cuando se accionen dejaran pasar una señal de voltaje a la entrada del PLC, estas señales son necesarias para las diferentes etapas del programa.

Para verificar que los sensores están dando una señal correcta se forzó cada uno de ellos consiguiendo activar la luz indicadora del relé auxiliar, de esta manera se comprobó que las señales llegan al PLC.

e) Prueba de activación de los actuadores.

Para la activación de actuadores como son: las bobinas de las electroválvulas y las bobinas de los contactores, se utilizaron de igual forma relés auxiliares para cuidar los contactos del PLC; esto se consigue de la siguiente manera, la señal de voltaje pasa por el contacto de la salida del autómatas la cual activa al relé auxiliar y cierra su contacto NA, dejando pasar por este el voltaje para la activación de la bobina que acciona la electroválvula o el contactor (110V / 220V).

Para probar la activación de las bobinas se envió señales desde el PLC por medio de un pulsador accionando las electroválvulas y contactores.

f) Prueba de luces indicadoras del tablero de control.

Las luces indicadoras son de mucha importancia debido que el trabajador va a estar pendiente de estos elementos para darse cuenta de lo que sucede en el funcionamiento de la máquina, se probó su activación en modo manual, el cual mediante el interruptor de arranque de motores da una señal al autómatas y ejecuta el programa que está en su memoria, dando una salida que activa un relé auxiliar y alimenta a la luz indicadora

g) Tiempo de vibrado para una correcta alimentación de hormigón en el molde.

Una vez colocado el hormigón sobre el molde, se tiene que producir una vibración para que el material se auto acomode dentro del mismo. El tiempo adecuado de vibración que se pudo obtener es de 18 segundos, ya que para tiempos mayores se sobrepasa la cantidad de material depositado en el molde y esto produce que difiera la altura entre tubos. Además al tener una sobre vibración se obtendrá problemas de segregación del hormigón.

h) Tiempo de vibro - compactación

Se comprobó que el tiempo de vibrado y compresión no debe exceder de los 35 segundos. Para una óptima compresión se necesita una presión apropiada del sistema hidráulico, el seteo en la válvula de alivio en este caso fue de 2000 Psi.

i) Tiempo de desmolde

De igual manera para que este sistema funcione necesita de presiones adecuadas, también se debe prever que la velocidad de desmolde no sea elevada ya que puede deformar o romper el prefabricado. El tiempo que se demora en la extensión y retracción del vástago fue ajustado en base a pruebas experimentales.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ NARANJO, G. (2004). Tutoría de la Investigación Científica. Quito – Ecuador: Editorial DIEMERINO.
- ✓ ACHIG, L. (2001). Enfoques y Métodos de la Investigación Científica. Quito: AFEFCE.
- ✓ SHIGLEY, J. (1991). Diseño en Ingeniería Mecánica (Quinta Edición). Editorial McGRAW HILL ÍTERAMERICANA S.A.
- ✓ MARKS, M. (1987). Manual del Ingeniero Mecánico. EE.UU – New York: Editorial McGran-Hill Inc.

- ✓ SHERIDAN, P., James F. & Miller, T. MECHANICAL PRODUCTS, Design of components, Chapter 8. USA.
- ✓ MOTT, R. (1995). Diseño de Elementos de Máquinas (Segunda Edición). México – México: Editorial Pearson.
- ✓ MOTT, R. (2001). Mecánica de fluidos aplicada. (Cuarta edición). México – México: Editorial Pearson.
- ✓ Ing. CARRILLO, M. Apuntes de Control y Automatización Industrial. (Documento).
- ✓ INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (1986). Código de Dibujo Técnico - Mecánico. Norma INEN 009.
- ✓ INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (2002). Hormigones, hormigón preparado en obra, requisitos. Norma INEN 1855.
- ✓ INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (1987). Tubos y accesorios de hormigón. Definiciones y terminología.. Norma INEN 1586.
- ✓ INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (1987). Tubos de hormigón. Determinación de la Resistencia a la Flexión. Método de los tres puntos. Norma INEN 1587.
- ✓ INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (1987). Tubos de hormigón. Ensayo de absorción. Norma INEN 1588.
- ✓ INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (1987). Tubos de hormigón. Método de ensayo de la resistencia hidrostática. Norma INEN 1589.
- ✓ INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (1987). Tubos y accesorios de hormigón. Requisitos. Norma INEN 1590.
- ✓ DEN HARTOG J. P. (1964). Mecánica de las vibraciones. New York: Editorial McGraw – Hill Book Company.

- ✓ GODOY, P. & MORA, C. Diseño y construcción de una máquina automática para la fabricación de prefabricados de hormigón. Riobamba ESPOCH, 2009 (TESIS).
- ✓ CREUS, A. (2011). Neumática e hidráulica (Segunda Edición). México: Alfaomega Grupo Editor.
- ✓ American Psychological Association. (1994). Manual de la publicación de la American Psychological Association (4to ed.). Washington, C.C.: Autor.
- ✓ ARAYA, J. & SANDOVAL, F. (2001). Conductores Eléctricos (1^{ra} ed.). Chile.

INTERNET:

- ✓ Propiedades de los tubos de hormigón. Obtenida el 18 abril 2011, de http://www.icpa.org.ar/publico/files/rev19tubo_horm.pdf
- ✓ Normas de fabricación de tubo de concreto. Obtenida el 26 de mayo del 2011, de http://www.tubosgm.com/tubo_concreto_simple_j_m.html
- ✓ Biblioteca y publicaciones. Manual ATHA (Asociación Española de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado). Obtenida el 3 de mayo del 2011, de http://www.atha.es/atha_archivos/manual/index.html
- ✓ Tecnología del hormigón. Obtenida el 12 de enero del 2012, de <http://dspace.universia.net/bitstream/2024/644/1/4791944-Tecnologia-del-Hormigon.pdf>
- ✓ Producción de Tubería de Concreto. Obtenida el 23 de septiembre del 2011, de <http://spanish.besser.com/e-services/pipeprocess.htm>
- ✓ Máquinas para fabricación de tubos. Obtenida el 23 de noviembre del 2011, de <http://roessan.cl/camahueto/>
- ✓ Aceites hidráulicos. Obtenida el 10 de noviembre, de <http://www.brettis.com/shell/05%20TUTOR%20LUBRICACION%20SHELL%20-%20Aceites-Hidraulicos.pdf>

- ✓ Técnicas de investigación. Obtenida el 3 de mayo del 2011, de <http://www.rrppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.htm>
- ✓ Ojeda, W. (n.d.). Introducción al estudio de automatismos. Obtenida el 23 de Abril del 2012, de <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=ventajas+de+un+microprocesador+industrial&source=web&cd=15&ved=0CD4QFjAEOAo&url=http%3A%2F%2Fwww.fing.edu.uy>
- ✓ Pomare J., Jara C. & Grupo de Innovación Educativa de autómatas. (2011). Sistemas de control automático. Obtenida el 1 de junio del 2012, de <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18968/1/Practica3.pdf>

ANEXO 1

NTE INEN 1587

**TUBOS DE HORMIGÓN, DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA
FLEXIÓN. MÉTODO DE LOS TRES APOYOS**

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	TUBOS DE HORMIGÓN Y DE GRES, DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN. METODO DE LOS TRES APOYOS	INEN 1 587 1987-11
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el procedimiento que debe seguirse en el ensayo de resistencia a la rotura para tubos de hormigón y de gres, por el método de los tres apoyos y para determinar la carga D en tubos de hormigón reforzado.</p> <p style="text-align: center;">2. TERMINOLOGIA</p> <p>2.1 Carga D. Cociente que resulta de dividir la carga total aplicada al tubo hasta obtener su agrietamiento o su rotura, por el producto del diámetro nominal interno y la longitud ensayada (L). La unidad de la carga D es el kg/m^2.</p> <p>2.2 Longitud ensayada (L). La longitud del tubo en contacto con la viga de madera que transmite la carga no menor del 80% de la longitud del tubo, excluida la espiga y la campana.</p> <p>2.3 Resistencia (R). Cociente que resulta de dividir la carga total sobre el tubo, por la longitud ensayada L.</p> <p style="text-align: center;">3. RESUMEN DEL METODO</p> <p>3.1 Se somete un tubo a una carga vertical de compresión aplicada a lo largo del tubo en dirección perpendicular al eje longitudinal del mismo, con el fin de determinar su resistencia.</p> <p>3.1.1. El tubo se coloca sobre dos apoyos paralelos que se extienden a lo largo del tubo, y se aplica la carga a través de un tercer apoyo o viga, colocando en la parte superior del tubo, paralelo a los apoyos inferiores y de igual longitud a ellos. (ver figuras 1 y 2 y Tabla 1).</p> <p>3.1.2 Los aparatos y equipos para pesar o medir, que van a usarse en la determinación, deberán haber sido adecuadamente calibrados, según Normas INEN respectivas.</p> <p style="text-align: center;">4. EQUIPO</p> <p>4.1 El dispositivo para la aplicación de la carga debe cumplir las siguientes condiciones:</p> <p>4.1.1 Ser lo suficientemente rígido para evitar deformaciones en cualquiera de sus partes.</p> <p>4.1.2 Producir una distribución uniforme de la carga a través de la longitud ensayada (L).</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p>		

4.1.3 Permitir que la aplicación de la carga se pueda incrementar a una velocidad no inferior a 120 N/metro lineal de tubería por segundo ni mayor de 610 N/metro lineal de tubería por segundo.

4.1.4 El indicador de la máquina debe señalar la carga efectiva que actúa sobre el tubo, con una precisión de $\pm 2\%$.

4.1.5 Los apoyos inferiores (figuras 1 y 2) deben cumplir las siguientes condiciones para obtener una distribución uniforme de la carga.

4.1.5.1 Ser de madera dura o de caucho endurecido y completamente rectos. En caso de ser de caucho endurecido y completamente rectos. En caso de ser de caucho endurecido, tener una dureza al durómetro entre 45 y 60.

4.1.5.2 Ser de sección rectangular con un ancho de 50 mm y su altura no menor que 25 mm ni mayor de 40 mm.

4.1.5.3 Tener las esquinas interiores, que estarán en contacto con el tubo, debidamente redondeados con un radio de 13 mm.

4.1.5.4 Estar asegurado fijamente a una viga de madera o acero, o directamente a una base de hormigón. En todo caso, debe proveerse suficiente rigidez para permitir la aplicación de la máxima carga sin que se produzca una flecha mayor que $1/720$ de la longitud del tubo.

4.1.5.5. Tener los lados interiores paralelos y separados una distancia no mayor de $1/12$ del diámetro del tubo; pero en ningún caso debe ser inferior a 25 mm.

4.1.6 El apoyo superior (figuras 1 y 2) debe cumplir las siguientes condiciones para obtener una distribución uniforme de la carga.

4.1.6.1 Ser *rigido* y de madera dura, sana, resistente, recta en toda su longitud, libre de nudos y en forma de paralelepípedo rectangular, con una tolerancia máxima de 3 mm por cada metro de longitud.

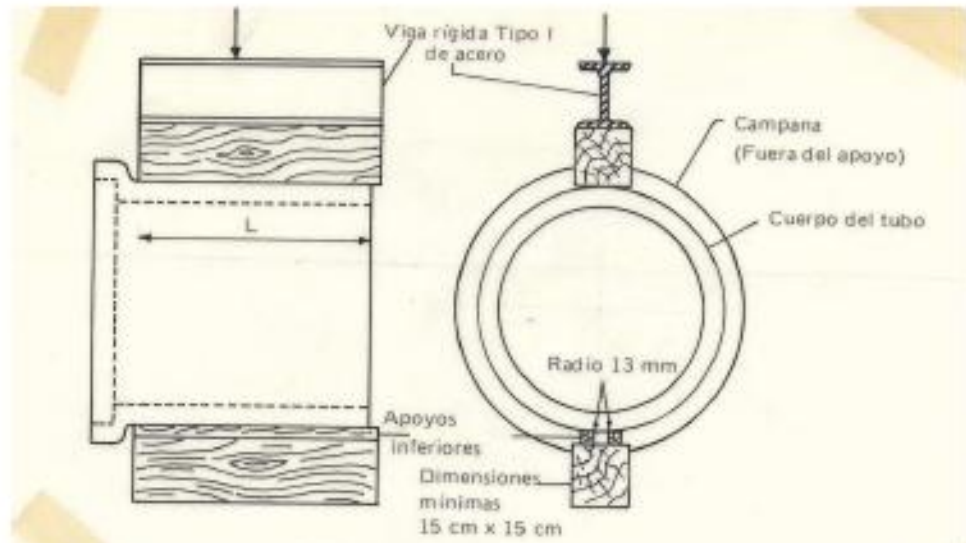
4.1.6.2 Estar asegurada fijamente a una viga de acero de tales dimensiones que no permita deformaciones apreciables en más de 1 mm por cada 400 mm de longitud.

4.1.6.3 Puede tener una banda de caucho de dureza entre 45 y 60, con un ancho mínimo de 50 mm y un espesor mínimo de 25 mm, ni mayor de 40 mm.

4.1.7 Con el propósito de obtener una distribución uniforme de la carga, se puede fundir sobre el tubo bandas longitudinales de mortero, de yeso u otros que, una vez curadas, no excedan de 25 mm de altura, en las superficies superior e inferior de los apoyos. El ancho de las bandas de mortero de 25 mm. La cara de la banda que quede en contacto con los apoyos debe ser plana.

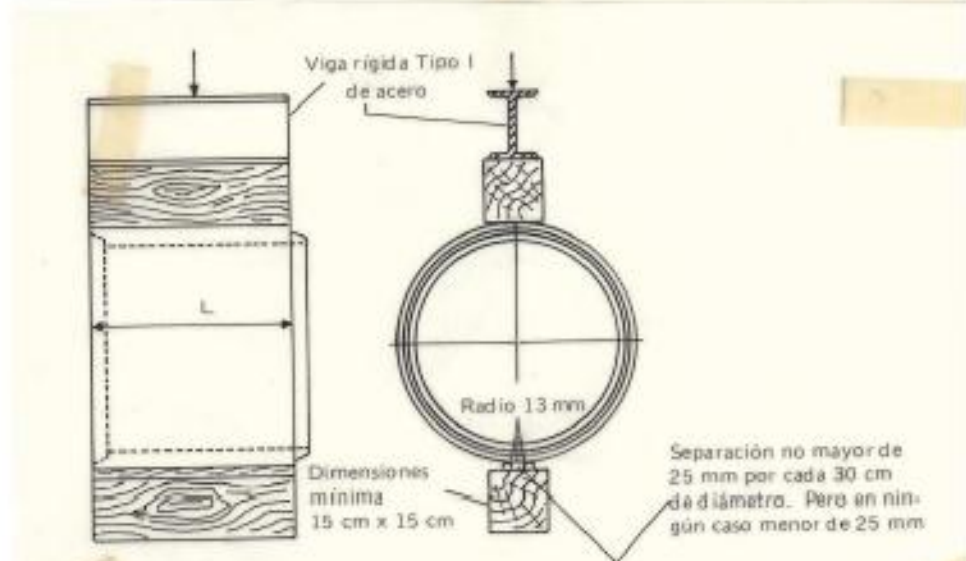
4.1.8 El calibrador que se utilice debe estar hecho de una hoja metálica y de acuerdo a las dimensiones indicadas en la figura 3.

(Continúa)



METODO DE APLICAR LA CARGA

FIGURA 1.



METODO DE APLICAR LA CARGA

FIGURA 2.

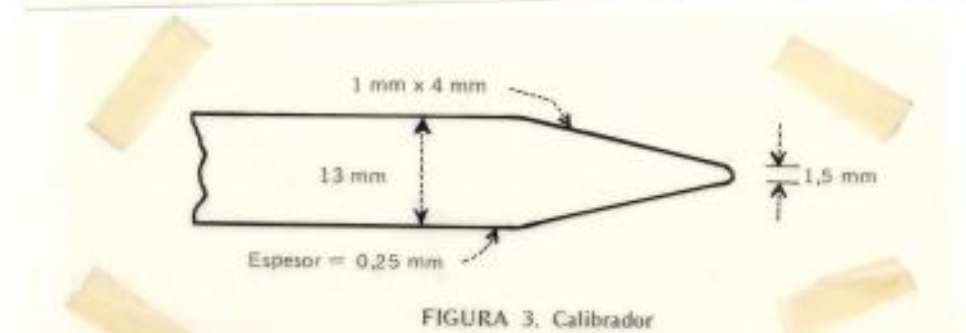


FIGURA 3. Calibrador

TABLA 1. Alturas recomendadas de vigas de acero Tipo I, en milímetros y pesos en kilogramos por metro para utilizarlas en el ensayo de resistencia por el método de los tres apoyos

Capacidad de la máquina (kg)	ALTURAS Y PESOS DE LAS VIGAS	LONGITUD DEL TUBO (m)											
		CON UN GATO						CON DOS GATOS			CON TRES GATOS		
		0,60	0,90	1,20	2,40	0,90	1,20	2,40	0,90	1,20	2,40		
9 100	Altura mm Peso kg/m	75 9,7	125 18,2	150 22,0	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----
22 700	Altura mm Peso kg/m	----- --	175 22,8	200 30,6	300 52,1	150 22,0	175 26,1	300 47,4	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----
45 400	Altura mm Peso kg/m	--	--- ---	250 37,9	375 74,5	--- ---	225 32,5	375 64,0	--- ---	225 32,5	375 64,0	--- ---	225 32,5
68 000	Altura mm Peso kg/m	--	--- ---	300 47,4	450 81,5	--- ---	250 37,9	375 74,5	--- ---	250 37,8	375 74,5	--- ---	250 37,8
91 000	Altura mm Peso kg/m	--	--- ---	300 60,7	500 97,4	--- ---	300 47,4	450 81,5	--- ---	250 37,8	375 74,5	--- ---	250 37,8

NOTA: Estas vigas Tipo 1 están diseñadas para una flecha menor de 1/720 de la longitud del tubo, con la máxima capacidad de la máquina. Un solo gato estaría colocado en el centro del tubo, con dos gatos se colocaría cada uno en los puntos cuartos, con tres gatos se colocaría uno en el centro y los otros dos en los puntos octavos

5. PROCEDIMIENTO

5.1 El tubo que se va a ensayar se colocará sobre el apoyo inferior a lo largo de toda su longitud.

5.2 En cada extremo del tubo se marcará el diámetro vertical, haciendo coincidir con los ejes de la viga de madera, para garantizar la correcta aplicación de la carga sobre el tubo.

5.3 Se procede a aplicar la carga a la velocidad estipulada en el numeral 4.1.3, hasta que aparezca una grieta de un ancho de 0,25 mm o hasta que se haya alcanzado la carga de rotura especificada. Si se exigen ambos requisitos, es decir la grieta de 0,25 mm y la carga de rotura, no habrá necesidad de mantener la velocidad de aplicación de la carga a partir del momento en que se presente la grieta mencionada.

5.4 La carga que produce en el tubo una grieta de 0,25 mm de ancho, en una longitud mínima de 30 cm, es la carga D que determina la resistencia del tubo al agrietamiento.

5.5 Se considera que la grieta tiene un ancho de 0,25 mm, cuando el calibrador penetre, sin forzarlo, 1,5 mm en intervalos cortos y a lo largo de 30 cm.

6. CALCULOS

6.1 Para tubos de gres y homigón simple (sin refuerzo), de resistencia R en kilogramos por metro, se encuentra dividiendo la carga total sobre el tubo, por la longitud ensayada L.

$$R = \frac{\text{carga total (kilogramos)}}{\text{Longitud ensayada (L metros)}}$$

7. INFORME DE RESULTADOS

7.1 Identificación de la muestra.

7.2 Carga total en kilogramos para producir agrietamiento o rotura.

7.3 Longitud ensayada L en metros.

7.4 Resistencia al agrietamiento o a la rotura.

7.5 Carga D.

(Continua)

APENDICE Z

Z. 1 NORMAS A CONSULTAR

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z. 2 BASES DE ESTUDIO

ASTM C 497 M-85b *Standard Methods of Testing. Concrete Pipe, Sections, or Tile (Metric)*. American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 1986.

ASTM C 301-79 *Standard Method of Testing. Vitrified Clay Pipe*. American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 1986.

ANEXO 2

NTE INEN 1588

TUBOS DE HORMIGÓN. ENSAYO DE ABSORCIÓN

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	TUBERIA DE HORMIGON Y GRES. ENSAYO DE ABSORCIÓN	INEN 1 588 1987-11
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el procedimiento que debe seguirse en el método de absorción de agua en la tubería y accesorios de hormigón y gres.</p> <p style="text-align: center;">2. TERMINOLOGIA</p> <p>2.1 Absorción de la muestra. Cociente que resulta dividiendo el aumento de masa de la muestra por inmersión en agua para la masa de la muestra seca; se expresa como un porcentaje de ésta.</p> <p style="text-align: center;">3. RESUMEN DEL METODO</p> <p>3.1 Este método cubre la prueba de un espécimen que es una muestra o núcleo extraído de la pared de la tubería. El espécimen de prueba es sometido primero a un proceso de secamiento, luego a inmersión para determinar la absorción de agua del espécimen cuando se lo prueba por medio de los procedimientos aquí descritos.</p> <p>Se presentan dos procedimientos alternativos para conducir las pruebas. El método A es la prueba estándar y el arbitrio; requerirá de 3 a 6 días para completarse. El método B es considerado como una prueba acelerada que requiere alrededor de 1 1/2 días para completarse; se recomienda el método A para aquellas tuberías que no cumplen el límite mínimo en la prueba hidrostática.</p> <p style="text-align: center;">4. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>4.1 El método es una prueba de control de calidad ejecutada para establecer el hecho de que la tubería terminada, lista para el embarque, cumpla con los límites de absorción estipulados en las especificaciones.</p> <p style="text-align: center;">5. METODOS DE ENSAYO</p> <p>5.1 Especímenes de prueba</p> <p>5.1.1 <i>Método A.</i> Los especímenes para prueba de absorción por éste método deben estar de acuerdo con los requerimientos de la especificación de tubería aplicable y deben usarse para el procedimiento de absorción que requiere 5 horas para ebullición y un período de enfriamiento con agua natural de 14 a 24 horas.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

5.1.2 *Método 8.* Los especímenes para prueba de absorción por éste método debe consistir en tres trozos de muestras representativas tomadas de los dos extremos y del área central de cada teja, tubería o sección.

5.2: Procedimiento por ebullición en prueba de absorción

5.2.1 *Secado de especímenes.* Secar los especímenes en un horno ventilado mecánicamente a una temperatura de 105° a 115° C.

5.2.1.1 *Método A.* Secarlos especímenes hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos mínimo de 6 horas muestren un incremento de pérdida máxima del 0,10% de la última pesada del espécimen secado al horno. Secar los especímenes cuyo espesor de pared es de 38 mm o menor durante un tiempo mínimo de 24 horas; secar los especímenes con espesor de pared de más de 38 mm durante un mínimo de 72 horas. Usar las últimas 6 horas del tiempo de secado mínimo para determinar si la muestra ha alcanzado o no la propiedad de masa seca.

5.2.1.2 *Método B.* Secar los especímenes durante un tiempo mínimo de 24 horas.

5.2.2 *Pesada de especímenes secos.* Pesar los especímenes secados al horno inmediatamente después de la remoción de ellos desde el horno en el cual la temperatura de secado es de 105° a 115° C.

5.3 Inmersión y ebullición.

5.3.1 *Método A.* Dentro de 24 horas, colocar cuidadosamente el espécimen secado que ha sido pesado, en un recipiente adecuado que contenga agua limpia a una temperatura de 10° a 24° C. Usar agua destilada, de lluvia, o agua de la llave que sea conocida que no produzca ningún efecto en los resultados de la prueba. Calentar el agua para hervir (entrar en ebullición) por un mínimo de 1 hora y máximo de 2 horas. No aplicar vapor a presión al agua, para acortar el periodo de preebullición hasta que haya sido completado 1 hora de calentamiento por medio de gas o electricidad. Continuar la ebullición durante 5 horas. Al final del periodo de 5 horas de ebullición, apagar el fuego y dejar que el espécimen se enfríe en el agua, a temperatura ambiente por pérdida natural de calor durante un mínimo de 14 y máximo de 24 horas.

5.3.2 *Método B.* Dentro de 24 horas colocar cuidadosamente el espécimen secado que ha sido pesado, en un recipiente adecuado que contenga agua limpia a una temperatura de 10 a 20° C. Usar agua destilada, de lluvia o agua de la llave que se conozca que no produce ningún efecto en los resultados de la prueba, calentar el agua hasta la ebullición por un mínimo de 1 hora y máximo de 2 horas. No aplicar vapor a presión al agua para acortar los periodos de preebullición hasta que se haya completado 1 hora de calentamiento por medio de gas o de electricidad. Continuar la ebullición durante 3 horas. Al final del periodo de 3 horas de ebullición, apagar el fuego y enfriar el espécimen durante un periodo de 3 horas, descargando agua fría de la llave dentro del calentador (caldera etc.) o colocando el espécimen en un contenedor de agua separado. La temperatura del agua de enfriamiento no debe exceder de 18° C.

5.4 *Segunda pesada de especímenes húmedos.* Retirar del agua los especímenes enfriados con agua, colocarlos sobre un estante de drenaje abierto, y dejar drenar durante 1 minuto. Remover el agua superficial restante secando rápidamente el espécimen con un paño o papel absorbente seco. Pesarse el espécimen inmediatamente después de secado.

(Continua)

5.5 Sensibilidad de la balanza. Pesar los especímenes de hasta 1 kg con un grado de exactitud de 0,10% de la masa del espécimen y mayores de 1 kg con una exactitud de 1 gramo.

5.6 Cálculos y reportes.

5.6.1 Método A Tomar el incremento en masa del espécimen hervido sobre su masa seca como la absorción del espécimen, y expresarlo como un porcentaje de la masa seca; reportar los resultados separadamente para cada espécimen.

5.6.2 Método B, Tomar el incremento en masa del espécimen hervido sobre su masa seca como la absorción del espécimen, y expresarlo como un porcentaje de la masa seca. Reportar el resultado como un promedio de las tres muestras tal como son tomadas de una teja o tubo.

5.7 Método C, o prueba de absorción por embebimiento en agua durante 10 minutos

5.7.1 Procedimiento. Los especímenes de prueba para la determinación de la absorción por embebimiento en agua durante 10 minutos, pueden ser los mismos cuando son usados más tarde para la prueba de absorción por ebullición durante 5 horas. Después de secar y pesar como se especifica en 5.2.1. y 5.2.2, sumergir los especímenes en agua limpia durante 10 minutos a la temperatura del local. Luego retirar los especímenes y pesarlos de acuerdo con lo indicado en 5.4; calcular el porcentaje de absorción y reportar de acuerdo con lo indicado en el numeral 5.6.

(Continúa)

APENDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

ASTM C 497-85b *Standard Methods of testing. Concrete. Pipe, Sections, or tile (METRIC)*. American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 1986

ANEXO 3

NTE INEN 1589

**TUBOS DE HORMIGÓN, MÉTODO DE ENSAYO DE LA RESISTENCIA
HIDROSTÁTICA**

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	TUBOS DE HORMIGÓN, MÉTODO DE ENSAYO DE LA RESISTENCIA HIDROSTÁTICA	INEN 1 589 1987-11
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia hidrostática.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 El método indicado en esta norma se aplica tanto a tubos de hormigón simple como a tubos de hormigón amado.</p> <p style="text-align: center;">3. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>3.1 Todas las determinaciones se aplicarán por triplicado sobre diferentes muestras.</p> <p>3.2 Los aparatos y equipos para pesar o medir que deben usarse en la determinación, deberán calibrarse adecuadamente, según Normas INEN respectivas.</p> <p style="text-align: center;">4. METODO DE ENSAYO</p> <p>4.1 Instrumental. El instrumental para este ensayo debe estar compuesto de dos partes:</p> <p>a) el aplicador de carga y b) los tapones obturadores</p> <p>4.1.1 <i>Aplicador de carga.</i> Puede ser cualquier dispositivo manual o mecánico mediante el cual se pueda aplicar gradualmente una carga a un índice especificado.</p> <p>4.1.1.1 El registrador de presiones deberá indicar hasta un valor máximo de 100 kPa con intervalos no mayores de 5 kPa.</p> <p>4.1.2 <i>Tapones Obturadores.</i> Deben permitir que el tubo se llene completamente con agua, eliminando el aire interior. No deben permitirse fugas o escapes.</p> <p>4.2 Preparación de la muestra.</p> <p>4.2.1 Obturar los extremos del tubo y llenar lentamente el tubo con agua.</p> <p>4.2.2 Eliminar el aire encerrado dentro del tubo sobrellenando el tubo con agua.</p> <p>4.3 Procedimiento.</p> <p>4.3.1 Elevar gradualmente la presión dentro del tubo a 70 kPa en 1 minuto.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p>		

4.3.2 Mantener esa presión durante 10 minutos.

4.3.3 Elevar uniformemente la presión hasta el valor especificado.

4.3.4 Observar si hay fugas o escapes a través de las paredes del tubo.

5. CÁLCULOS

5.1 La resistencia hidrostática del tubo será el valor observado en el registrador de presiones, cuando el tubo falle a esa presión.

6. ERRORES DEL METODO

6.1 La máxima diferencia entre los resultados de la determinación efectuada por triplicado, no debe exceder en $\pm 5\%$. En caso contrario, debe repetirse la determinación.

7. INFORME DE RESULTADOS

7.1 Identificación de la muestra.

7.2 La media aritmética de los tres resultados redondeados a tres cifras significativas.

7.3 Norma INEN utilizada.

(Continua)

APENDICE Z

Z. 1 NORMA A CONSULTAR

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z. 2 BASES DE ESTUDIO

ASTM C 497 (M) 85b *Standard Methods of testing Concrete Pipe, Sections, or tile (METRIC)*
American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 1986.

ANEXO 4

NTE INEN 1590

TUBOS Y ACCESORIOS DE HORMIGÓN SIMPLE. REQUISITOS

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria</p>	<p>TUBOS Y ACCESORIOS DE HORMIGÓN SIMPLE. REQUISITOS</p>	<p>INEN 1 590 1987-11</p>
--	--	-------------------------------

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos de los tubos de hormigón sin refuerzo.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a los tubos de hormigón simple que se usan para la conducción de aguas servidas, aguas residuales de industrias y aguas lluvias.

3. DEFINICIONES

3.1 Las definiciones relacionadas a tubería de hormigón simple están indicadas en la Norma INEN 1 586.

4. CLASIFICACION

4.1 Los tubos de hormigón simple se clasifican en base a la resistencia mecánica medida por el ensayo de los tres apoyos y al espesor mínimo de pared.

4.2 La clasificación se indica en la Tabla 1 de esta norma como clase 1, 2 y 3 como resistencia normal, intermedia y extra, respectivamente.

TABLA 1. Requisitos físicos y dimensionales para tubería de hormigón simple

Diámetro Nominal Interno (mm)	CLASE 1		CLASE 2		CLASE 3	
	Esp. Min. de par. (mm)	Recic. Min. a la Rot. kN/m	Esp. de pared Min. (mm)	Recic. Min. a la Rot. kN/m	Esp. de pared Min (mm)	Recic. Min. a la Rot. kN/m
100	20	22	22	29	30	35
150	20	22	22	29	30	35
200	20	22	22	29	30	35
250	22	23,5	25	29	40	35
300	25	26,5	35	33	50	38
350	27	27	37	37	50	40
400	35	30	42	40	50	44
450	38	32	50	44	60	48
500	42	33	53	46	60	50
550	45	36	60	50	72	60
600	54	38	75	52,5	85	64
675	82	41	94	57,5	94	67
700	84	42	100	59	100	68
750	88	44	107	63	107	69,5
800	90	45	110	63,5	110	70
900	100	48	119	65,5	119	73
975	106	52	123	67	123	75
1 000	110	54	125	69	125	78

(Continúa)

5. REQUISITOS GENERALES

5.1 Materiales

5.1.1 *Cemento*. El cemento Portland debe cumplir con las Normas INEN 152, 1 548 y/o 490 según sea el caso.

5.1.2 *Áridos*. Los áridos deben cumplir con los requisitos exigidos en la Norma INEN 872. El requisito de gradación contenido en esta Norma no se tendrá en cuenta.

5.1.3 El agua debe estar limpia y exenta de sustancias que puedan afectar la calidad del hormigón.

5.1.4 *Aditivos*. (Acelerantes, retardantes y otros). Pueden utilizarse de común acuerdo con el comprador.

5.1.5 *Mezcla*. La cantidad y el tamaño de los áridos deben estar proporcionados de manera que una vez mezclados mecánicamente con cantidades definidas de cemento y agua, produzca un hormigón que permita fabricar tubos que cumplan con los ensayos y requisitos indicados en esta Norma. El contenido de cemento Portland no será menor de 330 kg/m³ de hormigón.

5.2 Proceso

5.2.1 *Curado*. Los tubos y accesorios de hormigón deben someterse a cualquiera de los métodos de curado que constan en los numerales 5.2.1.1 y 5.2.1.2, o a cualquier otro método que permita a los tubos cumplir con las especificaciones de esta Norma. La tubería deberá curarse durante un periodo de tiempo tal que el hormigón desarrolle la resistencia especificada en la Tabla 1, a los 28 días o menos, de acuerdo con el sistema de curado que se emplee.

5.2.1.1 *Curado al vapor*. Se somete los tubos y accesorios de hormigón a un proceso tal de curado que permita obtener las resistencias especificadas en la Tabla 1, por medio de la inyección de vapor a la temperatura y al tiempo adecuados en una atmósfera húmeda y libre de corrientes de aire. Este sistema de curado deberá permitir la circulación del vapor en todo el tubo.

5.2.1.2 *Curado con agua*. Los tubos y accesorios de hormigón deben curarse con agua con un sistema de tubos perforados, como: rociadores mecánicos, manguera, sumergiendo los tubos en agua u otro método que los mantenga húmedos.

5.3 Acabados

5.3.1 Las grietas superficiales en los tubos y accesorios de hormigón (codos, yes, tes, etc.), en ningún caso deben tener más de 5 cm de longitud, ni deben afectar los requisitos establecidos en esta Norma.

5.3.2 Los tubos y accesorios de hormigón no deben tener grietas o fisuras que atraviesen sus paredes.

(Continúa)

5.4 Juntas

5.4.1 Los extremos de los tubos y accesorios de hormigón deben estar fabricados de manera que éstos se unan correctamente y presenten un conducto continuo con una superficie interior uniforme.

5.4.2 Las juntas deben diseñarse en tal forma que la infiltración y los escapes se reduzcan a un mínimo.

6. REQUISITOS FISICOS

6.1 Tubos

6.1.1 *Resistencia mecánica a la rotura.* Este debe cumplir con lo indicado en la Tabla 1.

6.1.2 *Absorción.* No deberá ser mayor del 9%. Método A y 8,5% Método B de acuerdo a la Norma INEN 1 588.

6.1.3 *Permeabilidad.* Los tubos no deberán presentar escapes ni exudaciones en la inspección inicial descrita en el ensayo de permeabilidad; si fuera necesario continuar con el ensayo, las manchas de humedad deberán desaparecer en las 24 horas siguientes, como tiempo máximo.

6.1.4 *Presión hidrostática.* Cuando se solicita este ensayo, en remplazo del de permeabilidad, los tubos no deberán presentar escapes en el tiempo de prueba. Si la superficie aparece húmeda o con manchas de humedad, deberá continuarse el ensayo hasta por 24 horas, al cabo de las cuales, si ha desaparecido la humedad, debe considerarse que el tubo cumple con el requisito de presión hidrostática.

6.1.5 Dimensiones

6.1.5.1 *Diámetro.* Serán los indicados en la Tabla 1 y 2.

6.1.5.2 *Tolerancias sobre los diámetros.* Estas son las indicadas en la Tabla 2 y se aplicarán sobre un solo valor, escogido por el productor entre los establecidos en las columnas 2 y 3 de la Tabla 2.

TABLA 2. Variaciones permisibles en diámetro interno

DIAMETRO NOMINAL (mm)	Variación permisible del diámetro Interno	
	MINIMO (mm)	MAXIMO (mm)
100	100	110
150	150	160
200	200	210
250	250	260
300	300	310
350	350	365
400	400	415
450	450	465
500	500	515
550	550	565
600	600	620
675	675	695
700	700	725
750	750	775
800	800	825
900	900	925
975	975	1 000
1 000	1 000	1 025

(Continua)

6.1.5.3 Espesor de pared. Será el especificado en la Tabla 1 y mínimo del 5% del designado para espesor de pared.

6.1.5.4 Longitud. La especificada por el fabricante, con una variación mínima de 15 mm de la especificada.

6.1.5.5 Longitud de dos lados opuestos. No debe variar en más de 7 mm o en 2% del diámetro designado. Se acogerá la mayor.

6.1.5.6 Rectitud. La flecha máxima aceptable en tubería será de 10 mm/m de la longitud.

6.2 Accesorios

6.2.1 Los accesorios como: yes, codos y piezas de ajuste que correspondan a la clase y a los diámetros nominales de los tubos adyacentes, deben cumplir con los requisitos establecidos en la presente Norma.

6.2.2 El tipo de unión empleado será el mismo que el utilizado en los tubos adyacentes.

6.2.3 Las yes y las dobles yes deberán tener ejes de $45^\circ \pm 5^\circ$, con respecto al eje longitudinal del tubo. Este ángulo debe medirse entre los extremos de las campanas.

6.2.4 Los codos curvos se fabricarán con ángulos de deflexión entre 15° y 60° , aproximadamente, medidos entre ejes.

6.3 Diseños modificados o especiales

6.3.1 El fabricante deberá someter para su aprobación, antes de la elaboración, tubos con un diseño modificado en los diámetros nominales que aparecen en la Tabla 2, con espesor de pared inferiores a los de la Tabla 1. No podrán aceptarse cargas de rotura con valores inferiores a los establecidos en la Tabla 1.

6.3.2 El fabricante deberá suministrar el informe que incluya los resultados de los ensayos de resistencia del tubo a la rotura, por el método de los tres apoyos.

6.3.3 Los tubos con diseño modificado o especial deberán cumplir con todos los requisitos especificados para los tubos con diseño corriente, excepto en lo referido al espesor de pared.

6.3.4 Para efectos de aceptación, se entiende que el valor de la carga de rotura del ensayo será, como mínimo, el previamente acordado para el diseño especial o modificado.

(Continúa)

7. TOMA DE MUESTRAS Y RECEPCION DEL PRODUCTO

7.1 Muestreo para ensayos

7.1.1 Ensayo de rotura. La muestra estará constituida por un número de tubos iguales al 0,5% del tamaño del lote, pero en ningún caso será menor de dos tubos.

7.1.2 Ensayo de absorción. La muestra estará constituida, por lo menos, por una parte de cada tubo que haya pasado el ensayo de rotura, con un área mínima de 90 cm², máximo de 130 cm² y espesor igual al de la pared del tubo y libre de grietas visibles.

7.1.3 Ensayo de permeabilidad. La muestra estará constituida por un mínimo del 2% del tamaño del lote, pero, en ningún caso, será menor de 5 tubos.

7.1.4 Ensayo de presión hidrostática. La muestra estará constituida por un número de tubos iguales a 0,5% del tamaño del lote, pero, en ningún caso, será menor de dos tubos.

7.2 Criterio de aceptación

7.2.1 Ensayo de resistencia a la rotura. Se aceptará el lote cuando la muestra sometida al ensayo cumpla con el requisito establecido en el numeral 6.1.1.

7.2.1.1 Si cualquiera de los tubos de la muestra sometida al ensayo no cumple con el requisito del numeral 6.1.1, deberán ensayarse dos tubos por cada uno que haya fallado y sólo se aceptará el lote, si estos últimos cumplen con el requisito establecido en el numeral 6.1.2.

7.2.2 Ensayo de absorción. Se aceptará el lote cuando la muestra cumpla el requisito establecido en el numeral 6.1.2.

7.2.2.1 Cuando hasta el 20% de la muestra no cumple el requisito del numeral 6.1.2, el fabricante podrá eliminar del lote los tubos que crea conveniente y presentar el saldo como un nuevo lote para inspección, según los requerimientos de ésta Norma.

7.2.3 Ensayo de permeabilidad. Se aceptará el lote cuando por lo menos el 80% de los tubos de ensayo cumplan con el requisito establecido en el numeral 6.1.3.

7.2.3.1 Si más del 20% de la muestra no cumple con el requisito del numeral 6.1.3., el fabricante podrá eliminar del lote los tubos que crea conveniente, y podrá presentar el saldo como un nuevo lote para inspección de acuerdo con lo exigido en esta Norma.

7.2.4 Ensayo de presión hidrostática. Se podrá exigir éste en reemplazo del de permeabilidad, cuando las exigencias de la obra la justifiquen; el criterio de aceptación será el especificado en el numeral 7.2.3.

(Continua)

8. ENSAYOS

8.1 Ensayo de resistencia a la rotura. Se realiza de acuerdo con lo indicado en la Norma INEN 1 587.

8.2 Ensayo de absorción. Se procede de acuerdo con lo indicado en la Norma INEN 1 588.

8.3 Ensayo de permeabilidad. Se coloca un tubo con el espigo hacia abajo, sobre una lámina de caucho blanda o su equivalente, y se llena de agua hasta el nivel de la base de la campana. La inspección inicial se hace después de 15 minutos de haberlo llenado; si la superficie externa aparece mojada o con manchas de humedad, el ensayo debe continuarse hasta que se completen 24 horas.

8.4 Ensayo de presión hidrostática. Se llena el tubo de agua para excluir aire; y aproximadamente en un minuto, se lleva la presión a 70 kPa, manteniéndola durante 10 minutos. El equipo empleado en este ensayo deberá estar diseñado en tal forma que por los extremos del tubo no se presenten escapes que interfieran el ensayo y que no ejerzan compresión exterior sobre las paredes del tubo.

9. ROTULADO

9.1 Los tubos deberán llevar impresos marcas legibles que permitan conocer:

9.1.1 La marca de fábrica.

9.1.2 La clase de tubo.

9.1.3 El diámetro nominal.

9.1.4 La fecha de fabricación

9.1.5 La Norma INEN de referencia.

10. INDICACION COMPLEMENTARIA

10.1 Se pueden reparar los tubos que tengan imperfecciones ocasionales de fabricación o de maltrato durante la manipulación. Sin embargo, el tubo puede aceptarse si en la opinión del comprador las reparaciones han sido satisfactorias y adecuadamente terminadas y curadas. Además, el tubo reparado debe cumplir con los requisitos contenidos en esta Norma.

(Continua)

INEN INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION

FORMATOS DE RESULTADOS PARA TUBERIA DE HORMIGON

01. CARACTERISTICAS FISICAS HORMIGON SIMPLE ARMADO

Código del Tubo	Diámetro Interno mm	Longitud del tubo mm	Espesor de pared mm	CLASE					OBSERVACIONES
				I	II	III	IV	V	

02. PRUEBAS
RESISTENCIA A LA FLEXION METODO DE LOS 3 APOYOS

Código del Tubo	PARAMETRO	No. ENSAYOS					OBSERVACIONES
		1	2	3	Promedio	Especif.	
	* Figuración (kg/m)						
	Carga de rotura (kg/m)						
	* Carga D (N/m . mm)						
	Resist. Hormigón (kg/cm ²)						

03. ABSORCION

Código del Tubo	Sección (cm ²)	Masa (g)	SECADO			HUMEDAD		RESULTADO		ESPEC.
			Temper. (°C)	Tiempo (s)	Masa (g)	Tiempo (s)	Masa (g)	diferencia masa (g)	%	

04. PERMEABILIDAD

Código del Tubo	Tiempo inicial	HUMEDAD EXTERIOR		TIEMPO ADICIONAL	HUMEDAD EXTERIOR	
		SI	NO		SI	NO

05. HIDROSTATICA

Código del Tubo	Tiempo de Prueba	Presión en el Tubo	Resultados Observación de Infiltración	
			SI	NO

Lugar:

Fecha:

Por la Fábrica:

Cliente:

* Solo si se trata de Tubería de Hormigón Armado

APENDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

INEN 152	<i>Cemento Portland. Requisitos</i>
INEN 490	<i>Cemento Puzolánico. Requisitos</i>
INEN 872	<i>Aridos para hormigón. Requisitos</i>
INEN 1 548	<i>Cemento Portland especial. Requisitos</i>
INEN 1 586	<i>Tubos y accesorios de hormigón. Definiciones y terminología.</i>
INEN 1 587	<i>Tubos de hormigón y de gres. Determinación de la resistencia a la flexión. Método de los tres apoyos.</i>
INEN 1 588	<i>Tubería de hormigón y gres. Ensayo de absorción.</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

ASTM C 14 M-82 *Standard Specifications for Concrete sewer, storm drain, and culvert pipe (metric).*
American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 1986.

ANEXO 5

ENTREVISTA REALIZADA AL GERENTE.

Nombre:

Fecha:

- 1. ¿De qué diámetros se fabrican los tubos?**

- 2. ¿Cuál es la producción diaria de tubería de hormigón?**

- 3. ¿En qué nivel se encuentra la demanda de tubos de hormigón?**

- 4. ¿Ha existido ocasiones que no se ha podido satisfacer las necesidades de los clientes en cuanto al aspecto cuantitativo?**

- 5. ¿Los tubos que produce la Fábrica “San Jacinto” cumple con los requisitos que la Norma INEN 1590 exige?**

- 6. ¿Ha tenido usted empleados que han sufrido deficiencias en su salud debido al trabajo?**

- 7. ¿Cree usted que la implementación de tecnología en la producción de tubos de hormigón traería beneficios a la empresa?**

ANEXO 6

FICHA DE CAMPO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA FICHA DE CAMPO			
Ficha de campo:		Objeto:	
Fecha de ejecución:		Elaborado por:	
Supervisor por:		Lugar de ensayo:	
OBJETO DE EVALUACIÓN:			
INTERPRETACIÓN / VALORACIÓN:			

ANEXO 7

BANDA DE SECCIÓN TRAPEZOIDAL

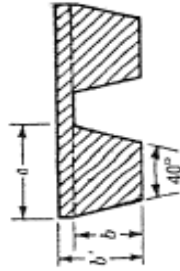


Tabla 17-3 BANDAS V PARA SERVICIO PESADO-CARACTERÍSTICAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL

Designación	Anchura, a pulg (mm)	Espesor de una banda, b pulg (mm)	Espesor de varias bandas unidas, b' pulg (mm)	Intervalos de potencial por banda hp (kW)	Tamaños típicos de polea estándar pulg (mm)
Serie - pulg					
A	0.50	0.31	0.41	0.2-5	Desde 2.6 increms. de 0.2
B	0.66	0.41	0.50	0.7-10	Desde 4.6 increms. de 0.2
C	0.88	0.53	0.66	1-21	Desde 7.0 increms. de 0.5
D	1.25	0.75	0.84	2-50	Desde 12.0 increms. de 0.5
E	1.50	0.91	1.03	4-80	Desde 18.0 increms. de 1.0
Serie - SI					
13C	(13)	(8)	(10)	(0.1-3.6)	(Desde 65 increms. de 5)
16C	(16)	(10)	(13)	(0.5-72)	(Desde 115 increms. de 5)
22C	(22)	(13)	(17)	(0.7-15.0)	(Desde 180 increms. de 10)
32C	(32)	(19)	(21)	(1.3-39.0)	(Desde 300 increms. de 20)

Fuente: recopilado parcialmente de ANSI/RMA-1P-20-1977.

Tabla 17-7 LONGITUDES NORMALES L_1 Y FACTORES DE CORRECCIÓN DE LONGITUD K_2 PARA BANDAS V INGLESAS* DE TIPO COMÚN PARA SERVICIO PESADO

L_1	A	B	C	D	L_1	B	C	D	E
26	0.78				144	1.10	1.00	0.91	
31	0.82				158	1.12	1.02	0.93	
35	0.85	0.80			173	1.14	1.04	0.94	
38	0.87	0.82			180	1.15	1.05	0.95	0.92
42	0.89	0.84			195	1.17	1.06	0.96	0.93
46	0.91	0.86			210	1.18	1.07	0.98	0.95
51	0.93	0.88	0.80		240	1.22	1.10	1.00	0.97
55	0.95	0.89			270	1.24	1.13	1.02	0.99
60	0.97	0.91	0.83		300	1.27	1.15	1.04	1.01
68	1.00	0.94	0.85		330		1.17	1.06	1.03
75	1.02	0.96	0.87		360		1.18	1.07	1.04
80	1.04				390		1.20	1.09	1.06
81		0.98	0.89		420		1.21	1.10	1.07
85	1.05	0.99	0.90		480			1.13	1.09
90	1.07	1.00	0.91		540			1.15	1.11
96	1.08		0.92		600			1.17	1.13
97		1.02			660			1.18	1.15
105	1.10	1.03	0.94						
112	1.12	1.05	0.95						
120	1.13	1.06	0.96	0.88					
128	1.15	1.08	0.98	0.89					

* Las designaciones de longitud corresponden a los perímetros interiores.

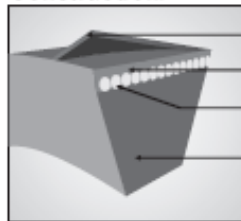
Fuente: de ANSI/RMA-IP-20-1977 estándar.

Power Transmission

The transmission of power between belt and pulleys can either involve frictional forces or positive engagement and mechanical interlocking, for instance with the aid of cogs or teeth. The frictional forces, and thus the possible power rating, will depend on the coefficient of friction, the normal force and the contact area between belt and pulleys. The size of the contact area will depend on factors such as the arc of contact angle. Any increase in contact force between belt and pulleys will cause increased belt tension meaning increased loads on shafts and shaft bearings. One method of increasing frictional force without a corresponding increase of the belt tension is to utilize the wedge effect without locking the belt in the pulley groove, as in a V-belt.

PIX-X'set® Wrap Construction Belts

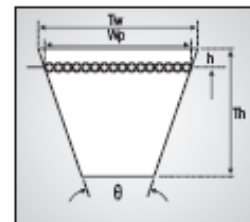
Construction:



- Wear resistant bias cut neoprene rubberised polyester cotton fabric
- High tensile cord embedding cushion rubber compound
- High tenacity, low stretch, specially treated polyester & kevlar cords
- Specially compounded high modulus compression rubber

PIX-X'set® Classical Belts

The first of the V-belts to enter the power transmission scenario. The continued efforts of PIX has enabled to achieve the power ratings considerably higher than most of the available in the market. The compounds used to build up these belts are well chosen to match the stipulated power ratings thus offering distinct advantages regarding the increased factor of safety on critical drives. The standards followed by PIX has put the tolerances to be much more stringent than BS 3790, which forms the basis of PIX classical belts.



Features:

- Top width to height ratio 1.6:1
- Temperature range: -18°C to +80°C
- Maximum recommended belt speed is 30 m/sec
- Permissible flex rate $f=80$ per second
- Antistatic, Oil and Heat resistant
- ATEX certified FRAS belts are also available

Applications:

Primarily used as replacement on industrial drives. The classical belts are recommended in special applications such as V-flat drives. In the same manner these belts are advantages where reverse idlers have to be used, because of smaller heights.



Wrap Construction Belts

PIX-X^{ser} Classical Belts

Standards, Dimensions & Product Range:

We manufacture the entire range of Classical V-belts. The nominal length designation for these belts is inside length (Li) in inches. The length conversion factors are mentioned in the specification sheet below.

Section	Dimensions		Angle (Deg)	Pitch width Wp (mm)	Top to pitch h (mm)	Belt Length Factor			Standard	Recommended Minimum Pulley Diameter (mm)	Manufacturing Range		
	Tw (mm)	Th (mm)				Lp to La (mm)	Li to Lp (mm)	Li to La (mm)			Min (inch)	Max (inch)	Length Designation
8	8	5	40	6.7	1.30	12	19	31	DIN 2215	40	35.0	172	LI
Z	10	6	40	8.5	2.00	16	22	38	IS 2484, BS 3790, ISO 4184	50	9.50	195	LI
A	13	8	40	11.0	2.75	20	30	50	IS 2484, BS 3790, ISO 4184	71	13.0	360	LI
B	17	11	40	14.0	3.50	26	43	69	IS 2484, BS 3790, ISO 4184	112	16.0	658	LI
20	20	13	40	17.0	4.00	31	48	79	DIN 2215	160	35.5	375	LI
C	22	14	40	19.0	4.80	32	56	88	IS 2484, BS 3790, ISO 4184	180	31.0	658	LI
25	25	16	40	21.0	6.00	39	61	100	DIN 2215	250	57.0	655	LI
D	32	19	40	27.0	8.10	40	79	119	IS 2484, BS 3790, ISO 4184	355	44.5	662	LI
E	38	23	40	32.0	8.50	53	92	145	IS 2484	500	90.0	658	LI

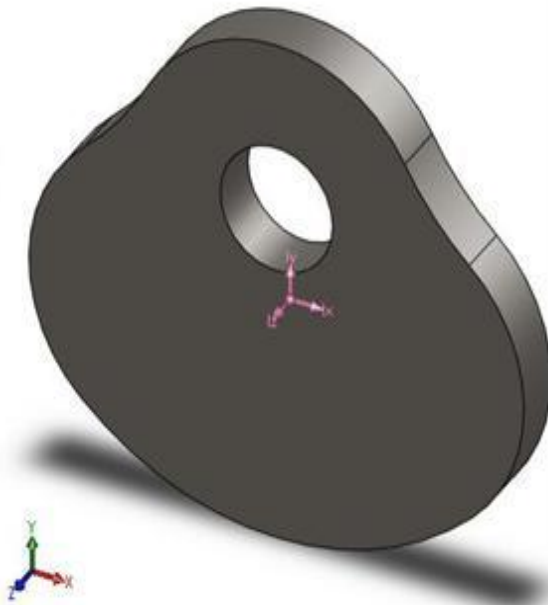
PIX FRAS belts conform to :  2GD c IIB X (Test report no. IB-03-4-934) - ATEX

Note: Li: Inside Length, La: Outside Length, Lp: Pitch Length, Le: Effective Length

ANEXO 8

EXCÉNTRICAS

MODELO Y PROPIEDADES FÍSICAS



Propiedades físicas

Imprimir... Copiar Cerrar Opciones... Recalcular

Sistema de coordenadas de: -- predeterminado --

Elementos seleccionados: Excéntrica.SLDPR1

Incluir sólidos/componentes ocultos

Mostrar sistema de coordenadas de salida en la esquina de la vent

Propiedades físicas asignadas

Sistema de coordenadas de salida: -- predeterminado --

Densidad = 7850 kilogramos por metro cúbico

Masa = 1.194 kilogramos

Volumen = 0.0001521 metros³

Área de superficie = 0.028491 metros²

Centro de masa: (metros)

X = 0

Y = -0.025656

Z = 0

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (kilogramos * metros²)

Medido desde el centro de masa.

lx = (1, 0, 0)	Px = 0.0010534
ly = (0, 1, 0)	Py = 0.0013123
lz = (0, 0, 1)	Pz = 0.0023266

Momentos de inercia: (kilogramos * metros²)

(Medido desde el centro de masa y alineado con el sistema de coordenadas resultante)

Lxx = 0.0010534	Lyy = -2.2359e-019	Lzz = -1.7451e-021
Lxy = -2.2359e-019	Lyx = 0.0013123	Lyz = -2.0168e-020
Lxz = -1.7451e-021	Lzy = -2.0168e-020	Lzz = 0.0023266

Momentos de inercia: (kilogramos * metros²)

Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

lx = 0.0018393	ly = 0	lz = 0
lx = 0	ly = 0.0013123	lyz = 0
lxz = 0	lzy = 0	lzz = 0.0031126

ANEXO 9

MÓDULOS DE YOUNG Y CARGAS DE RUPTURA DE ALGUNOS MATERIALES

Material	Módulo de Young (en GN/m^2)	Carga de ruptura en tracción (en GN/m^2)
Niquel	205	
Acero	200	0.520
Hierro forjado	190	0.390
Cobre	110	0.230
Hierro fundido	100	
Bronce	90	0.370
Oro	81	
Plata	80	
Vidrio	70	
Aluminio	70	0.090
Hormigón	23	0.002
Plomo	16	0.012
Hueso	16	0.200
Goma	15	
Poliestireno	3	
Caucho	0.001	

ANEXO 10

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE

GUIDE FOR CONSOLIDATION OF CONCRETE. ACI 309R-96

Guide for Consolidation of Concrete

Reported by ACI Committee 309

H. Celik Ozyildirim
Chairman

Richard E. Miller, Jr.
Subcommittee Chairman

Dan A. Bonikowsky
Neil A. Cumming
Timothy P. Dolen
Jerome H. Ford
Steven H. Gebler
Kenneth C. Hover
Gary R. Mass
Bryant Mather

Roger A. Minnich
Mikael P. J. Olsen
Larry D. Olson
Sandor Popovics
Steven A. Ragan
Donald L. Schlegel
Bradley K. Violetta

Consolidation is the process of removing entrapped air from freshly placed concrete. Several methods and techniques are available, the choice depending mainly on the workability of the mixture, placing conditions, and degree of air removal desired. Some form of vibration is usually employed.

This guide includes information on the mechanism of consolidation, and gives recommendations on equipment, characteristics, and procedures for various classes of construction.

Keywords: admixtures; air; air entrainment; amplitude; centrifugal force; concrete blocks; concrete construction; concrete pavements; concrete pipes; concrete products; concrete slabs; concretes; consistency; consolidation; floors; formwork (construction); heavyweight concretes; inspection; lightweight aggregate concretes; maintenance; mass concrete; mixture proportioning; placing; plasticizers; precast concrete; quality control; reinforced concrete; reinforcing steels; segregation; surface defects; tamping; vacuum-dewatered concrete; vibration; vibrators (machinery); water-reducing admixtures; workability.

CONTENTS

Chapter 1—General, p. 309R-2

Chapter 2—Effect of mixture properties on consolidation, p. 309R-3

2.1—Mixture proportions

2.2—Workability and consistency

2.3—Workability requirements

Chapter 3—Methods of consolidation, p. 309R-4

3.1—Manual methods

3.2—Mechanical methods

3.3—Methods used in combinations

Chapter 4—Consolidation of concrete by vibration, p. 309R-5

4.1—Vibratory motion

4.2—Process of consolidation

Chapter 5—Equipment for vibration, p. 309R-7

5.1—Internal vibrators

5.2—Form vibrators

5.3—Vibrating tables

5.4—Surface vibrators

5.5—Vibrator maintenance

Chapter 6—Forms, p. 309R-14

6.1—General

6.2—Sloping surfaces

6.3—Surface defects

6.4—Form tightness

6.5—Forms for external vibration

ACI Committee Reports, Guides, Standard Practices, and Commentaries are intended for guidance in planning, designing, executing, and inspecting construction. This document is intended for the use of individuals who are competent to evaluate the significance and limitations of its content and recommendations and who will accept responsibility for the application of the material it contains. The American Concrete Institute disclaims any and all responsibility for the stated principles. The Institute shall not be liable for any loss or damage arising therefrom.

Reference to this document shall not be made in contract documents. If items found in this document are desired by the Architect/Engineer to be a part of the contract documents, they shall be restated in mandatory language for incorporation by the Architect/Engineer.

ACI 309R-96 became effective May 24, 1996. This report supersedes ACI 309R-87. Copyright © 1997, American Concrete Institute.

All rights reserved including rights of reproduction and use in any form or by any means, including the making of copies by any photo process, or by electronic or mechanical device, printed, written, or oral, or recording for sound or visual reproduction or for use in any knowledge or retrieval system or device, unless permission in writing is obtained from the copyright proprietors.

In addition to the members of ACI Committee 309, the following individuals contributed significantly to the development of this report: George R. U. Burg, Luis Fernandez, John C. King, Kenneth L. Saezler, and C. H. Spitzer. Their contribution is sincerely appreciated.

Chapter 7—Recommended vibration practices for general construction, p. 309R-16

- 7.1—Procedure for internal vibration
- 7.2—Judging the adequacy of internal vibration
- 7.3—Vibration of reinforcement
- 7.4—Revibration
- 7.5—Form vibration
- 7.6—Consequences of improper vibration

Chapter 8—Structural concrete, p. 309R-21

- 8.1—Design and detailing prerequisites
- 8.2—Mixture requirements
- 8.3—Internal vibration
- 8.4—Form vibration
- 8.5—Tunnel

Chapter 9—Mass concrete, p. 309R-22

- 9.1—Mixture requirements
- 9.2—Vibration equipment
- 9.3—Forms
- 9.4—Vibration practices
- 9.5—Roller-compacted concrete

Chapter 10—Normal weight concrete floor slabs, p. 309R-25

- 10.1—Mixture requirements
- 10.2—Equipment
- 10.3—Structural slabs
- 10.4—Slabs on grade
- 10.5—Heavy-duty industrial floors
- 10.6—Vacuum dewatering

Chapter 11—Pavements, p. 309R-27

- 11.1—Mixture requirements
- 11.2—Equipment
- 11.3—Vibration procedures
- 11.4—Special precautions

Chapter 12—Precast products, p. 309R-30

- 12.1—Mixture requirements
- 12.2—Forming material
- 12.3—Production technique
- 12.4—Other factors affecting choice of consolidation method
- 12.5—Placing methods

Chapter 13—Lightweight concrete, p. 309R-31

- 13.1—Mixture requirements
- 13.2—Behavior of lightweight concrete during vibration
- 13.3—Consolidation equipment and procedures
- 13.4—Floors

Chapter 14—High density concrete, p. 309R-32

- 14.1—Mixture requirements
- 14.2—Placing techniques

Chapter 15—Quality control and inspection, p. 309R-33

- 15.1—General
- 15.2—Adequacy of equipment and procedures
- 15.3—Checking equipment performance

Chapter 16—Consolidation of test specimens, p. 309R-35

- 16.1—Strength tests
- 16.2—Unit weight tests
- 16.3—Air content tests
- 16.4—Consolidating very stiff concrete in laboratory specimens

Chapter 17—Consolidation in congested areas, p. 309R-36

- 17.1—Common placing problems
- 17.2—Consolidation techniques

Chapter 18—Information sources, p. 309R-37

- 18.1—Specified and/or recommended references
- 18.2—Cited references

Appendix A—Fundamentals of vibration, p. 309R-38

- A.1—Principles of simple harmonic motion
- A.2—Action of a rotary vibrator
- A.3—Vibratory motion in the concrete

CHAPTER 1—GENERAL

A mass of freshly placed concrete is usually honey-combed with entrapped air. If allowed to harden in this condition, the concrete will be nonuniform, weak, porous, and poorly bonded to the reinforcement. It will also have a poor appearance. The mixture must be consolidated if it is to have the properties normally desired and expected of concrete.

Consolidation is the process of inducing a closer arrangement of the solid particles in freshly mixed concrete or mortar during placement by the reduction of voids, usually by vibration, centrifugation, rodding, tamping, or some combination of these actions; it is also applicable to similar manipulation of other cementitious mixtures, soils, aggregates, or the like.

Drier and stiffer mixtures require greater effort to achieve proper consolidation. By using certain chemical admixtures, consistencies requiring reduced consolidation effort can be achieved at a lower water content. As the water content of the concrete is reduced, concrete quality (strength, durability, and other properties) improves, provided it is properly consolidated. Alternatively, the cement content can be lowered, reducing the cost while maintaining the same quality. If adequate consolidation is not provided for these drier or stiffer mixtures, the quality of the in-place concrete drops off rapidly.

Equipment and methods are now available for fast and efficient consolidation of concrete over a wide range of placing conditions. Concrete with a relatively low water content can be readily molded into an unlimited variety of shapes, making it a highly versatile and economical construction material. When good consolidation practices are combined with good formwork, concrete surfaces have a highly pleasing appearance [see Fig. 1(a) through 1(c)].



Fig. 1(a)—Pleasing appearance of concrete in church construction



Fig. 1(b)—Pleasing appearance of concrete in utility building construction



Fig. 1(c)—Close-ups of surfaces resulting from good consolidation

CHAPTER 2—EFFECT OF MIXTURE PROPERTIES ON CONSOLIDATION

2.1—Mixture proportions

Concrete mixtures are proportioned to provide the workability needed during construction and the required properties in the hardened concrete. Mixture proportioning is described in detail in documents prepared by ACI Committee 211, as listed in [Chapter 18.1](#).

2.2—Workability and consistency

Workability of freshly mixed concrete is that property that determines the ease and homogeneity with which it can be mixed, placed, consolidated, and finished. Workability is a function of the rheological properties of the concrete.

As shown in [Fig. 2.2](#), workability may be divided into three main aspects:

1. Stability (resistance to bleeding and segregation).
2. Ease of consolidation.
3. Consistency, affected by the viscosity and cohesion of the concrete and angle of internal friction.

Workability is affected by grading, particle shape, proportions of aggregate and cement, use of chemical and mineral admixtures, air content, and water content of the mixture.

Consistency is the relative mobility or ability of freshly mixed concrete to flow. It also largely determines the ease with which concrete can be consolidated. Once the materials and proportions are selected, the primary control over work-

Table 2.1—Consistencies used in construction**

Consistency description	Slump, in. (mm)	Vebe time, sec	Compacting factor average	Tsaulow drop table revolutions
Extremely dry	—	32 to 18	—	112-56
Very stiff	—	18 to 10	0.70	56-28
Stiff	0 to 1* (0 to 25)	10 to 5	0.75	28 to 14
Stiff plastic	1 to 3 (25 to 75)	5 to 3	0.85	14-7
Plastic	3 to 5 (75 to 125)	3 to 0*	0.90	<7
Highly plastic	5 to 7½ (125 to 190)	—	—	—
Flowing	7½ plus (190 plus)	—	0.95	—

*Test method is of limited value in this range.

**ACI 211.3 Table 2.3.1 (a)

ability is through changes in the consistency brought about by minor variations in the water content.

The slump test (ASTM C 143) is widely used to indicate consistency of mixtures used in normal construction. The Vebe test is generally recommended for stiffer mixtures.

Values of slump, compacting factor, drop table, and Vebe time for the entire range of consistencies used in construction are given in Table 2.1.

Other measures of consistency such as the Powers remolding test and Kelly ball are available. These are not used as frequently as slump. Information on various consistency tests has been discussed by Neville (1981), Vollick (1966), and Popovics (1982).

2.3—Workability requirements

The concrete should be sufficiently workable so that consolidation equipment, properly used, will give adequate consolidation. A high degree of flowability may be undesirable because it may increase the cost of the mixture and may reduce the quality of the hardened concrete. Where such a high degree of flowability is the result of too much water in the mixture, the mixture will generally be unstable and will probably segregate during the consolidation process.

Mixtures having moderately high slump, small maximum-size aggregate, and excessive fine aggregate are frequently used because the high degree of flowability means less work in placing.

At the other extreme, it is inadvisable to use mixtures that are too stiff for conditions of consolidation. They will require

great consolidation effort and even then may not be adequately consolidated. Direction and guidance are often required to achieve the use of mixtures of lower slump or fine aggregate content, or a larger maximum size aggregate, so as to give a more efficient use of the cement.

Concrete containing certain chemical admixtures may be placed in forms with less consolidation effort. Refer to reports of ACI Committee for additional information on chemical admixtures. The use of fly ash, slag, or silica fume may also affect the consolidation of concrete by permitting placement with less consolidation effort. Refer to reports of ACI Committee 226 for more information regarding these materials. The amount of consolidation effort required with or without the use of admixtures can best be determined by trial mixtures under field conditions.

It is the workability of the mixture in the form that determines the consolidation requirements. Workability may be considerably less than at the mixer because of slump loss due to high temperature, false set, delays, or other cause.

CHAPTER 3—METHODS OF CONSOLIDATION

The consolidation method should be compatible with the concrete mixture, placing conditions, form intricacy, amount of reinforcement, etc. Many manual and mechanical methods are available.

3.1—Manual methods

Some consolidation is caused by gravity as the concrete is deposited in the form. This is particularly true for well proportioned flowing mixtures where less additional consolidation effort is required.

Plastic or more flowable mixtures may be consolidated by rodding. Spading is sometimes used at formed surfaces—a flat tool is repeatedly inserted and withdrawn adjacent to the form. Coarse particles are shoved away from the form and movement of air voids and water pockets toward the top surface is facilitated, thereby reducing the number and size of bugholes in the formed concrete surface.

Hand tamping may be used to consolidate stiff mixtures. The concrete is placed in thin layers, and each layer is carefully rammed or tamped. This is an effective consolidation method, but laborious and costly.

The manual consolidation methods are generally only used on smaller nonstructural concrete placement.

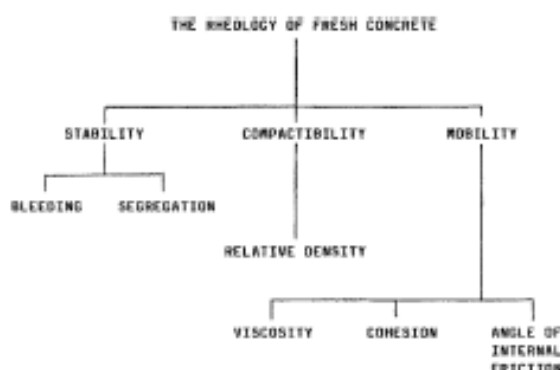


Fig. 2.2—Parameters of the rheology of fresh concrete



Fig. 4—Internal vibrator “liquefying” low-slump concrete

3.2—Mechanical methods

The most widely used consolidation method is vibration. It will receive the most attention in this guide. Vibration may be either internal, external, or both.

Power tampers may be used to compact stiff concrete in precast units. In addition to the ramming or tamping effect, there is a low-frequency vibration that aids in the consolidation.

Mechanically operated tamping bars are suitable for consolidating stiff mixtures for some precast products, including concrete blocks.

Equipment that applies static pressures to the top surface may be used to consolidate thin concrete slabs of plastic or flowing consistency. Concrete is literally squeezed into the mold, and entrapped air and part of the mixing water is forced out.

Centrifugation (spinning) is used to consolidate concrete in concrete pipe, piles, poles, and other hollow sections.

Many types of surface vibrators are available for slab construction, including vibrating screeds, vibratory roller screeds, plate and grid vibratory tampers, and vibratory finishing tools.

Shock tables, sometimes called drop tables, are suitable for consolidating low-slump concrete. The concrete is deposited in thin lifts in sturdy molds. As the mold is filled, it is alternately raised a short distance and dropped on to a solid base. The impact causes the concrete to be rammed into a dense mass. Frequencies are 150 to 250 drops per min., and the free fall is $\frac{1}{8}$ to $\frac{1}{2}$ in. (3 to 13 mm).

3.3—Methods used in combination

Under some conditions, a combination of two or more consolidation methods gives the best results.

Internal and external vibration can often be combined to advantage in precast work and occasionally in cast-in-place concrete. One scheme uses form vibrators for routine consolidation and internal vibrators for spot use at critical, heavily reinforced sections prone to voids or poor bond with the re-

inforcement. Conversely, in sections where the primary consolidation is by internal vibrators, form vibration may also be applied to achieve the desired surface appearance.

Vibration may be simultaneously applied to the form and top surface. This procedure is frequently used in making precast units on vibrating tables. The mold is vibrated while a vibratory plate or screed working on the top surface exerts additional vibratory impulses and pressure.

Vibration of the form is sometimes combined with static pressure applied to the top surface. Vibration under pressure is particularly useful in concrete block production where the very stiff mixtures do not react favorably to vibration alone.

Centrifugation, vibration, and rolling may be combined in the production of concrete pipe and other hollow sections.

CHAPTER 4—CONSOLIDATION OF CONCRETE BY VIBRATION

Vibration consists of subjecting freshly placed concrete to rapid vibratory impulses which liquefy the mortar (see Fig. 4) and drastically reduce the internal friction between aggregate particles. While in this condition, concrete settles under the action of gravity (sometimes aided by other forces). When vibration is discontinued, friction is reestablished.

4.1—Vibratory motion

A concrete vibrator has a rapid oscillatory motion that is transmitted to the freshly placed concrete. Oscillating motion is basically described in terms of frequency (number of oscillations or cycles per unit of time) and amplitude (deviation from point of rest).

Rotary vibrators follow an orbital path caused by rotation of an unbalanced weight or eccentric inside a vibrator casing. The oscillation is essentially simple harmonic motion, as explained in the Appendix. Acceleration, a measure of intensity of vibration, can be computed from the frequency and amplitude when they are known. It is usually expressed by g ,

Table 5.1.5—Range of characteristics, performance, and applications of internal* vibrators

Column 1	2	3	4			5		6		7		8		9
			Suggested values of			Approximate values of		Approximate values of		Approximate values of				
Group	Diameter of head, in. (mm)	Recommended frequency, vibrations per min (Hz)	Eccentric moment, in. lb mm-kg(10 ⁻³)	Average amplitude, in. (mm)	Centrifugal force, lb (kg)	Radius of action, in. (mm)	Rate of concrete placement, yd	Application						
1	3/4-1 1/2 (2-4) (20-40)	9000-15,000 (150-200)	0.03-0.10 (0.035-0.12) (3.5-12)	0.015-0.03 (0.04-0.08) (0.4-0.8)	100-400 (45-180)	3-6 (8-15) (80-150)	1-5 (0.8-4)	Plastic and flowing concrete in very thin members and confined places. May be used to supplement larger vibrators, especially in prestressed work where cables and ducts cause congestion in forms. Also used for fabricating laboratory test specimens.						
2	1 1/4-2 1/2 (3-6) (30-60)	8500-12,500 (140-210)	0.08-0.25 (0.09-0.29) (9-29)	0.02-0.04 (0.05-0.10) (0.5-1.0)	300-900 (140-400)	5-10 (13-25) (130-250)	3-10 (2.3-8)	Plastic concrete in thin walls, columns, beams, precast piles, thin slabs, and along construction joints. May be used to supplement larger vibrators in confined areas.						
3	2-3 1/2 (5-9) (50-90)	8000-12,000 (130-200)	0.20-0.70 (0.23-0.81) (23-81)	0.025-0.05 (0.06-0.13) (0.6-1.3)	700-2000 (320-900)	7-14 (18-36) (180-360)	6-20 (4.6-15)	Stiff plastic concrete (less than 3-in. [80-mm] slump) in general construction such as walls, columns, beams, prestressed piles, and heavy slabs. Auxiliary vibration adjacent to forms of mass concrete and pavements. May be gang mounted to provide full-width internal vibration of pavement slabs.						
4	3-6 (8-15) (80-150)	7000-10,500 (120-180)	0.70-2.5 (0.81-2.9) (81-290)	0.03-0.06 (0.08-0.15) (0.8-1.5)	1500-4000 (680-1800)	12-20 (30-51) (300-510)	(15-40) (11-31)	Mass and structural concrete of 0 to 2-in. (50 mm) slump deposited in quantities up to 4 yd ³ (3m ³) in relatively open forms of heavy construction (powerhouses, heavy bridge piers, and foundations). Also auxiliary vibration in dam construction near forms and around embedded items and reinforcing steel.						
5	5-7 (13-18) (130-150)	5500-8500 (90-140)	2.25-3.50 (2.6-4.0) (260-400)	0.04-0.08 (0.10-0.20) (1.0-2.0)	2500-6000 (1100-2700)	16-24 (40-61) (400-610)	25-50 (19-38)	Mass concrete in gravity dams, large piers, massive walls, etc. Two or more vibrators will be required to operate simultaneously to mix and consolidate quantities of concrete of 4 yd ³ (3 m ³) or more deposited at one time in the form.						

Column 3—While vibrator is operating in concrete.

Column 4—Computed by formula in Fig. A.2 in Appendix A.

Column 5—Computed or measured as described in Section 15.3.2. This is peak amplitude (half the peak-to-peak value), operating in air.

Column 6—Computed by formula in Fig. A.2 in Appendix, using frequency of vibrator while operating in concrete.

Column 7—Distance over which concrete is fully consolidated.

Column 8—Assumes the insertion spacing is 1 1/2 times the radius of action, and that vibrator operates two-thirds of time concrete is being placed.

Columns 7 and 8—These ranges reflect not only the capability of the vibrator but also differences in workability of the mix, degree of deaeration desired, and other conditions experienced in construction.

*Generally, extremely dry or very stiff concrete (Table 2.1) does not respond well to internal vibrators.

which is the ratio of the vibration acceleration to the acceleration of gravity. Acceleration is a useful parameter for external vibration, but not for internal vibration where the amplitude in concrete cannot be measured readily.

For vibrators other than the rotary type, reciprocating vibrators for example, the principles of harmonic motion do not apply. However, the basic concepts described here are still useful.

4.2—Process of consolidation

When low-slump concrete is deposited in the form, it is in a honeycombed condition, consisting of mortar-coated coarse-aggregate particles and irregularly distributed pockets of entrapped air. Reading (1967) stated that the volume of entrapped air depends on the workability of the mixture, size and shape of the form, amount of reinforcing steel and other items of congestion, and method of depositing the concrete. It is generally in the range of 5 to 20 percent. The purpose of consolidation is to remove practically all of the entrapped air because of its adverse effect on concrete properties and surface appearance.

Consolidation by vibration is best described as consisting of two stages—the first comprising subsidence or slumping of the concrete, and the second a deaeration (removal of en-

trapped air bubbles). The two stages may occur simultaneously, with the second stage under way near the vibrator before the first stage has been completed at greater distances (Kolek 1963).

When vibration is started, impulses cause rapid disorganized movement of mixture particles within the vibrator's radius of influence. The mortar is temporarily liquefied. Internal friction, which enabled the concrete to support itself in its original honeycombed condition, is reduced drastically. The mixture becomes unstable, and seeks a lower level and denser condition. It flows laterally to the form and around the reinforcing steel and embedments.

At the completion of this first stage, honeycomb has been eliminated; the large voids between the coarse aggregate are now filled with mortar. The concrete behaves somewhat like a liquid containing suspended coarse-aggregate particles. However, the mortar still contains many entrapped air bubbles, ranging up to perhaps 1 in. (25 mm) across and amounting to several percent of the concrete volume.

After consolidation has proceeded to a point where the coarse aggregate is suspended in the mortar, further agitation of the mixture by vibration causes entrapped air bubbles to rise to the surface. Large air bubbles are more easily removed than small ones because of their greater buoyancy.

Also those near the vibrator are released before those near the outer fringes of the radius of action.

The vibration process should continue until the entrapped air is reduced sufficiently to attain a concrete density consistent with the intended strength and other requirements of the mixture. To remove all of the entrapped air with standard vibrating equipment is usually not practical.

The mechanism and principles involved in vibration of fresh concrete are described in detail in ACI 309.1R.

CHAPTER 5—EQUIPMENT FOR VIBRATION

Concrete vibrators can be divided into two main classes—internal and external. External vibrators may be further divided into form vibrators, surface vibrators, and vibrating tables.

5.1—Internal vibrators

Internal vibrators, often called spud or poker vibrators, have a vibrating casing or head. The head is immersed in and acts directly against the concrete. In most cases, internal vibrators depend on the cooling effect of the surrounding concrete to prevent overheating.

All internal vibrators presently in use are the rotary type (see Section 4.1). The vibratory impulses emanate at right angles to the head.

5.1.1 Flexible shaft type—This type of vibrator is probably the most widely used. The eccentric is usually driven by an electric or pneumatic motor, or by a portable internal combustion engine [see Fig. 5.1.1(a)].

For the electric motor-driven type, a flexible drive shaft leads from the electric motor into the vibrator head where it turns the eccentric weight. The motor generally has universal, 120 (occasionally 240) volt, single-phase, 60 Hz alternating-current characteristics. Fifty Hz AC current is used in some countries. The frequency of this type of vibrator is quite high when operating in air—generally in the range of 12,000 to 17,000 vibrations per min (200 to 283 Hz) (the higher values being for the smaller head sizes). However, when operating in concrete, the frequency is usually reduced by about one-fifth. In this report, frequency is expressed in vibrations per min to conform to current industry practice in the United States; however, frequency is given in hertz in the Appendix to agree with textbook formulas.

For the engine-driven types, both gasoline and diesel, the engine speed is usually about 3600 revolutions per min (60 Hz). A V-belt drive or gear transmission is used to step up this speed to an acceptable frequency level. Another type of unit uses a 2-cycle gasoline engine operating at a no-load speed of 12,000 RPM [Fig. 5.1.1.(b)], so the need for a step-up transmission is eliminated. This unit is portable and is usually carried on a back pack. Again a flexible shaft leads into the vibrator head. While larger and more cumbersome than electric motor-driven vibrators, engine-driven vibrators are attractive where commercial power is not readily available.

For most flexible-shaft vibrators, the frequency is the same as the speed of the shaft. However, the roll-gear (conical-pendulum) type is able to achieve high vibrator frequency with modest electric motor and flexible shaft speeds. The end of the

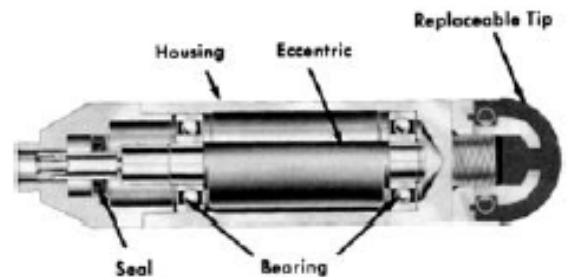


Fig. 5.1.1(a)—Flexible shaft vibrators; electric motor-driven type (top); gasoline engine-driven type (middle); and cross section through head (bottom)

pendulum strikes the inner housing in a star-shaped pattern, giving the vibrator head a frequency higher than the shaft driving it. Motor speeds are usually about 3600 revolutions per min with 60 Hz current (about 3000 revolutions per min with 50 Hz current). A single induction or three-phase squirrel-cage motor

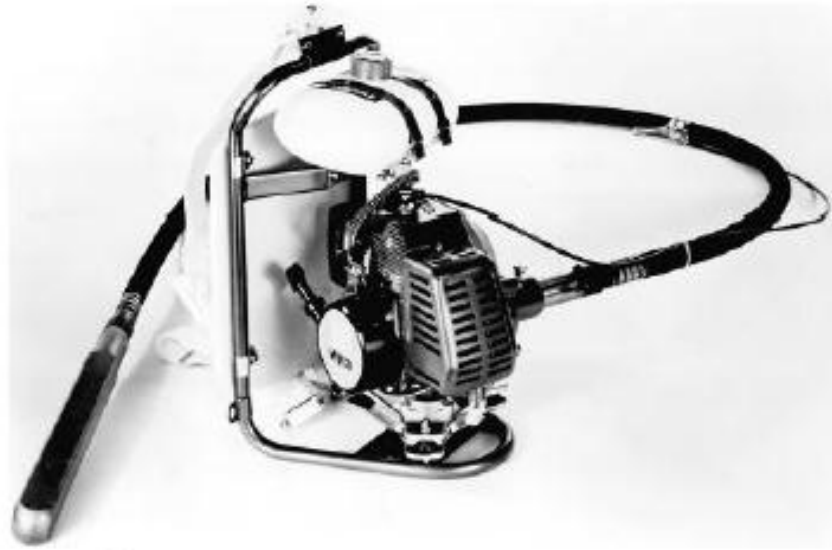


Fig. 5.1.1(b)—Back pack two-cycle gasoline engine-driven vibrator

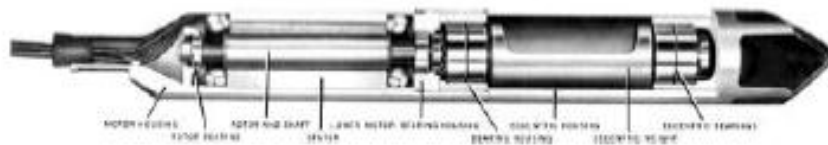


Fig. 5.1.2—Electric motor-in-head vibrator; external appearance (top) and internal construction of head (bottom)

is generally used. The low speed of the flexible shaft is favorable from the standpoint of maintenance.

5.1.2 Electric motor-in-head type—Electric motor-in-head vibrators have increased in popularity in recent years (see Fig. 5.1.2). Since the motor is in the vibrator head, there is no separate motor and flexible drive to handle. A substantial electrical cable, which also acts as a handle, leads into the head. Electric motor-in-head vibrators are generally at least 2 in. (50 mm) in diameter.

This type of vibrator is available in two designs. One uses a universal motor and the other a 180 Hz (high-cycle) three-phase motor. In the latter, the energy is usually supplied by a portable gasoline engine-driven generator; however, commercial power passed through a frequency converter may be used. The design uses an induction-type motor that has little dropoff in speed when immersed in concrete. It can rotate a heavier eccentric weight and develops a greater centrifugal force than current universal motor-in-head models of the

Table 5.5.1—Sample service log for flexible shaft vibrator

Model _____ Serial No. _____			
Date purchased _____			
Date checked out from equipment pool _____			
Estimated use, hr per day _____			
Item	Frequency of preventive maintenance		
	Clean and inspect	Lubricate	Replace
Filter Brushes Switch Armature and field Bearings	Electric motor		
	---	---	---
	---	---	---
	---	---	---
	---	---	---
	Flexible shaft		
Shaft	---	---	---
	Vibrator head		
Seals	---	---	---
Bearings	---	---	---
Oil change	---	---	---

same diameter. Vibrator motors operating on 150 or 200 Hz current are used in some countries.

5.1.3 Pneumatic vibrators—Pneumatic vibrators (see Fig. 5.1.3) are operated by compressed air, the pneumatic motor generally being inside the vibrator head. The vane type has been the most common, with both the motor and the eccentric elements supported on bearings. Bearingless models, which generally require less maintenance, are also available. A few flexible-shaft pneumatic models, with the air motor outside the head, are also available.

Pneumatic vibrators are attractive where compressed air is the most readily available source of power. The frequency is highly dependent on the air pressure, so the air pressure should always be maintained at the proper level, usually that recommended by the manufacturer. In some cases, it is desirable to vary the air pressure to obtain a different frequency.

5.1.4 Hydraulic vibrators—Hydraulic vibrators, using a hydraulic gear motor, are popular on paving machines. Here the vibrator is connected to the paver's hydraulic system by means of high-pressure hoses. The frequency of vibration

can be regulated by varying the rate of flow of hydraulic fluid through the vibrator. The efficiency of the vibrator is dependent on the pressure and flow rate of the hydraulic fluid. It is, therefore, important that the hydraulic system be checked frequently.

5.1.5 Selecting an internal vibrator for the job—The principal requirement for an internal vibrator is effectiveness in consolidating concrete. It should have an adequate radius of action, and it should be capable of flattening and de-aerating the concrete quickly. Insofar as possible, the vibrator should also be reliable in operation, easy to handle and manipulate, resistant to wear, and be such that it does not damage embedded items. Some of these requirements are mutually opposed, so compromises are necessary. However, some of the problems can be minimized or eliminated by careful vibrator design. For example, it is known that very high frequencies and high centrifugal force tend to increase maintenance requirements and reduce the life of vibrators.

Evidence strongly indicates that the effectiveness of an internal vibrator depends mainly on the head diameter, frequency, and amplitude. The amplitude is largely a function of the eccentric moment and head mass, as explained in the Appendix.



Fig. 5.1.3—Air vibrators for ordinary construction (top) and for mass concrete (bottom)

Frequency may be readily determined (see Section 15.3.1), but there is no simple method for determining amplitude of a vibrator operating in concrete. It is therefore necessary to use the amplitude as determined while the vibrator is operating in air, which is somewhat greater than the amplitude in concrete. This amplitude may be either measured or computed, as described in Section 15.3.2.

While not strictly correct for internal vibrators, the centrifugal force may be used as a rough overall measure of the output of a vibrator. Fig. A.2 in the Appendix explains how it is computed.

The radius of action, and hence the insertion spacing, depends not only on the characteristics of the vibrator, but also on the workability of the mixture and degree of congestion.

Table 5.1.5 gives the ordinary range of characteristics, performance, and applications of internal vibrators. (Some special-purpose vibrators fall outside these ranges.) Recommended frequencies are given, along with suggested values of eccentric moment, average amplitude, and centrifugal force.

Approximate ranges are also given for the radius of action and rate of concrete placement. These are empirical values based mainly on previous experience.

Equally good results can usually be obtained by selecting a vibrator from the next larger group, provided suitable adjustments are made in the spacing and time of the insertions. In selecting the vibrator and vibration procedures, consideration should be given to the vibrator size relative to the form size. Cracking of formed concrete surfaces is due to drying shrinkage that occurs in the high concentration of cement paste brought to the surface by a vibrator too large for the application.

The values in Table 5.1.5 are not to be considered as a guarantee of performance under all conditions. The best measure of vibrator performance is its effectiveness in consolidating job concrete.

5.1.6 *Special shapes of vibrator heads*—The recommendations in Table 5.1.5 assume round vibrators. Other shapes of vibrator head (square or other polygonal shapes, fluted,

fluted, etc.), have a different surface area and have a different distribution of force between the vibrator and the concrete (see Fig. 5.1.6).

The effect of shape on vibrator performance has not been thoroughly evaluated. For the purpose of this guide, it is recommended that the equivalent diameter of a specially shaped vibrator be considered as that of a round vibrator having the same perimeter.

5.1.7 *Data to be supplied by manufacturer*—The vibrator manufacturer's catalog should include the physical dimensions (length and diameter) and total mass of the vibrator head, eccentric moment, frequency in air and approximate frequency in concrete, and centrifugal force at these two frequencies.

The catalog should also include certain other data needed for proper hookup and operation of the vibrators. Voltage and current requirements and wire sizes (depending on the length of run) for electric vibrators should be given. For pneumatic vibrators, compressed air pressure and flow capacity should be stated, as well as size of piping or hose (also depending on the length of run). Speed should be given for gasoline-engine driven units.

Information for hydraulic vibrators should include recommended operating pressures and a chart showing frequency, at various flow rates.

5.2—Form vibrators

5.2.1 *General description*—Form vibrators are external vibrators attached to the outside of the form or mold. They vibrate the form, which in turn transmits the vibration to the concrete. Form vibrators are self-cooling and may be of either the rotary or reciprocating type.

Concrete sections as thick as 24 in. (600 mm) and up to 30 in. (750 mm) deep have been effectively vibrated by form vibrators in the precast concrete industry. For walls and deeper placements, it may be necessary to supplement a form vibrator with internal vibration for sections thicker than 12 in. (300 mm).

5.2.2 Types of form vibrators

5.2.2.1 *Rotary*—Rotary form vibrators produce essentially simple harmonic motion. The impulses have components both perpendicular to and in the plane of the form. This type may be pneumatically, hydraulically, or electrically driven (see Fig. 5.2.2.1).

In the pneumatically and hydraulically driven models, centrifugal force is developed by a rotating cylinder or revolving eccentric mass (similar to internal vibrators). These vibrators generally work at frequencies of 6000 to 12,000 vibrations per min (100 to 200 Hz). The frequency may be varied by adjusting the air pressure on the pneumatic models or the fluid pressure on the hydraulic models.

The electrically driven models have an eccentric mass attached to each end of the motor shaft. Generally, these masses are adjustable. In most cases, induction motors are used and the frequency is 3600 vibrations per min (60 Hz AC, or 3000 vibrations per min for 50 Hz AC). Higher frequency vibrators operating at 7200 or 10,800 vibrations per min (120 or 180 Hz) are also available (6000, 9000, or 12,000 vibra-



Fig. 5.1.6—Several of the different sizes and shapes of vibrator heads available. From left to right: short head, round head, square head, hexagonal head, and rubber-tipped head

tions per min [100, 150, or 200 Hz] in Europe). These higher frequency vibrators require a frequency converter. There are also electric form vibrators with frequencies of 6000 to 9000 vibrations per min (100 to 150 Hz) that are powered by single-phase universal motors.

The manufacturer's catalog should include physical dimensions, mass, and eccentric moment. For pneumatically driven models, frequency in air and approximate frequency under load should be given. For electric models, the frequency at the rated electric load should be stated. The centrifugal force at the given frequency values should be provided. In addition, the catalog should provide data needed for proper hookup of the vibrators (as in Section 5.1.7).

5.2.2.2 Reciprocating—In reciprocating vibrators, a piston is accelerated in one direction, stopped (by impacting against a steel plate), and then accelerated in the opposite di-

rection (see Fig. 5.2.2.2). This type is pneumatically driven, and frequencies are usually in the range of 1000 to 5000 vibrations per min (20 to 80 Hz).

These vibrators produce impulses acting perpendicular to the form. The principles of simple harmonic motion do not apply.

5.2.2.3 Other types—Other types of form vibrators, less commonly used, include:

a. Electromagnetic, which usually develops a combination sinusoidal-saw-tooth wave form.

b. Pneumatic or electric hand-held hammers, which are sometimes used to assist in consolidating small concrete units.

5.2.3 Selecting external vibrators for vertical forms—Low-frequency high-amplitude vibration is normally preferred for stiffer mixtures. High frequency, low amplitude vibration generally results in better consolidation and better surfaces (fewer bugholes) for more plastic consistencies. In this guide, the dividing line between high and low frequency for external vibration is arbitrarily taken as 6000 vibrations per min (100 Hz), and between high and low amplitude 0.005 in. (0.13 mm).

The effectiveness of form vibrators is largely a function of the acceleration imparted to the concrete by the form. Accelerations in the range of 1 to 2 g are generally recommended for plastic mixtures and 3 to 5 g for stiff mixtures. In addition, the amplitude should not be less than 0.001 in. (0.025 mm) for plastic mixtures or 0.002 in. (0.050 mm) for stiff mixtures.



Fig. 5.2.2.1—Rotary form vibrators; pneumatically driven (top) and electrically driven (bottom)



Fig. 5.2.2.2—Reciprocating form vibrator

The acceleration of a form is a function of the centrifugal force of the vibrators as related to the mass of form and concrete activated. The following empirical formulas recommended by Forssblad (1971) have been found useful in estimating the centrifugal force of form vibrators needed to provide adequate consolidation:

1. For plastic mixtures in beam and wall forms: Centrifugal force = $0.5 [(mass\ of\ form) + 0.2 (concrete\ mass)]$.

2. For stiff mixtures in pipe and other rigid forms: Centrifugal force = $1.5 [(weight\ of\ form) + 0.2 (concrete\ weight)]$.

Formulas should be checked against field experience. The prospective user should submit drawings of the structure to be vibrated to the vibrator manufacturer and should solicit recommendation as to size, quantity, and location of vibrator units. The proper distance between form vibrators is normally within the range of 5 to 8 ft. (1.5 to 2.5 m) and supplemental internal vibration may be required for sections thicker than 12 in. (300 mm).

Frequency and amplitude should be checked at several points on the form with a vibrograph or other suitable device (see Sections 7.5 and 15.3.3). From these values, the actual acceleration may be computed using the formula in Fig. A.1 in Appendix A.

When external vibration employs electrically operated vibrators on thin form membranes, caution should be used to prevent burning out these vibrators.

5.3—Vibrating tables

A vibrating table normally consists of a steel or reinforced concrete table with external vibrators rigidly mounted to the supporting frame (see Fig. 5.3). The table and frame are isolated from the base by steel springs, neoprene isolation pads, or other means.



Fig. 5.3—Vibrating table

The table itself can be part of the mold. However, a separate mold usually rests on top of the table. Vibration is transmitted from the table to the mold and thence to the concrete. There is a difference of opinion as to the advisability of fastening the mold to the table.

Low frequency (below 6000 vibrations per min [100 Hz]), high amplitude (over 0.005 in. [0.13 mm]) vibration is normally preferred, at least for stiffer mixtures.

The effectiveness of table vibration is largely a function of the acceleration imparted to the concrete by the table. Accelerations in the range of 3 to 10 g (30 to 100 m/sec²) are generally recommended, the higher values being needed for the stiffer mixtures. In addition, the amplitude should not be less than 0.001 in. (0.025 mm) for plastic mixtures, or 0.002 in. (0.050 mm) for stiff mixtures.

Acceleration of the table is a function of the vibrational force as related to the mass of form and concrete activated. The following empirical formulas have been useful in estimating the required centrifugal force of the vibrators (Forssblad 1971):

1. Rigid vibrating table or vibrating beams, with form placed loosely on the table: Centrifugal force = $(2\ to\ 4) [(mass\ of\ table) + 0.2 (mass\ of\ form) + 0.2 (mass\ of\ concrete)]$.

2. Rigid vibrating table, with form attached to the table: Centrifugal force = $(2\ to\ 4) [(mass\ of\ table) + (mass\ of\ form) + 0.2 (mass\ of\ concrete)]$.

3. Flexible vibrating table, continuous over several supports: Centrifugal force = $(0.5\ to\ 1) [(mass\ of\ table) + 0.2 (mass\ of\ concrete)]$.

The choice of vibrators and spacing should be based on the preceding formulas and previous experience. Frequency and amplitude should be checked at several points on the table, with a vibrograph or other suitable device. The actual acceleration may then be computed. The vibrators should be moved around until dead spots are eliminated and the most uniform vibration is attained.

When concrete sections of different sizes are to be vibrated, the table should have a variable amplitude. Variable frequency is an added advantage.

If the vibrating table has a vibrating element containing only one eccentric, a circular vibrational motion may be obtained which imparts an undesirable rotational movement to the concrete. This may be prevented by mounting two vibrators side by side in such a manner that their shafts rotate in opposite directions. This neutralizes the horizontal component of vibration, so the table is subjected to a simple harmonic motion in the vertical direction only. Very high amplitudes may be obtained in this manner.

To achieve good consolidation of very stiff mixtures, it is frequently necessary to apply pressure to the top surface during vibration.

5.4—Surface vibrators

Surface vibrators are applied to the top surface and consolidate the concrete from the top down by maintaining a head of concrete in front of them. Their leveling effect assists the finishing operation. They are used mainly in slab construction.

There are three principal types of surface vibrators:

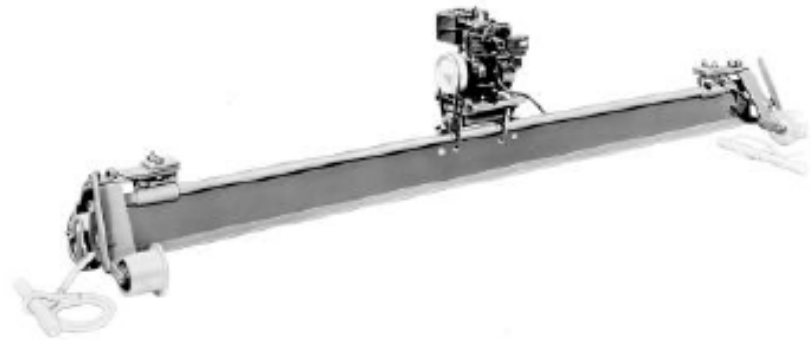


Fig. 5.4(a)—Vibrating screed for small jobs. Single beam type

a. *Vibrating screed*—This consists of a single or double beam spanning the slab width [see Fig. 5.4(a) and (b)]. Vibrating screeds are most suited for horizontal or nearly horizontal surfaces. Caution should be exercised in using vibrating screeds on sloping surfaces. One or more eccentrics, depending on the screed length, are attached to the top. The eccentrics are driven by an internal combustion engine, or by electric or pneumatic power. The beam is supported on the forms or suitable rails; this controls the screed elevation so that it acts not only as a compactor but also provides the final finish. Vibratory screeds are usually hand drawn on small jobs and power towed on larger ones.

Vibration produced by oscillation of the beam is transmitted to the concrete near the vibrating member. A large amplitude is needed, especially for stiffer consistencies, to attain a considerable depth of consolidation. Frequencies of 3000 to 6000 vibrations per min (50 to 100 Hz) have been found to be satisfactory. Vibrating screeds usually work best with accelerations of about 5 g. Research by Kirkham (1963) has shown that consolidation is proportional to the mass times the amplitude times the frequency divided by the machine's forward speed.

$$\text{Consolidation} = \frac{\text{Mass} \cdot \text{Amplitude} \cdot \text{Frequency}}{\text{Speed}}$$

b. *Plate or grid vibratory tampers*—This consists of a small vibrating plate or grid, usually a few square feet (about 0.2 m²) in area, that is moved over the slab surface. These vibrators work best on relatively stiff concrete.

c. *Vibratory roller screed*—This unit strikes off as well as consolidates. One model consists of three rollers in which the front acts as an eccentric and is the vibrating roller, rotating at 100 to 400 revolutions per min (1.7 to 6.7 Hz) (regulated according to the consistency of the mixture) in a direction opposite to the direction of movement. It knocks down, screeds, and provides mild vibration. This equipment is suitable for plastic mixtures.

Vibratory hand floats or trowels are also available. Small vibratory devices, electrically or pneumatically powered, attached to standard finishing tools provide for easier finishing.



Fig. 5.4(b)—Vibrating screed for small jobs. Double beam type

5.5—Vibrator maintenance

Vibration equipment uses an eccentric or out-of-balance mass; therefore, higher-than-normal loads are imposed on parts such as bearings.

Regardless of vibrator type, care should be given to its maintenance. The manufacturers usually issue manuals giving instructions for servicing their machines. Nevertheless, stand-by vibrators should always be on hand.

For electrical vibrators, precautions should be taken to prevent accidental electrical shock.

Periodic measurements of energy input to the vibrator system (motor, flex shaft [if used], and vibrator head) should be taken under no load to determine free-load losses. This can be useful to indicate pending failure.

Preventive maintenance is a system of planned inspections, adjustments, repairs, and overhauls. Preventive maintenance of vibratory equipment is necessary for it to operate at full effectiveness and to avoid production shutdowns. Certain items need daily attention, while others require less frequent care, as recommended by the vibrator manufacturer.

Usually, the contractor is responsible for vibrator maintenance. Sometimes, however (especially in the case of certain

mass-concrete vibrators), the contractor performs only the daily maintenance, with other servicing left to the manufacturer.

5.5.1 Preventive maintenance program—A file should be established with data on use and servicing requirements for each vibrator. Servicing requirements are obtained mainly from the manufacturer's service manual and spare parts list. The file might contain some or all of the following:

- a. Make, serial number, and date of purchase.
- b. Line voltage and amperage requirements for electrical vibrators, air volume consumed by air units, minimum cable or pipe sizes, and other pertinent information.
- c. Spare parts that are apt to wear out quickly. If these are difficult to procure, they should be carried in stock.
- d. Log giving a breakdown of service requirements, from the power source to the vibrator tip. Items of wear, items to lubricate and inspect in each stage, and the recommended lubricants and frequency of lubrication are listed.

Table 5.5.1 is a service log that might be used for a flexible-shaft vibrator. Starting with the date that the vibrator is checked out from the equipment pool, an actual calendar schedule can be set up for the items listed. For best results this program should be handled by a separate maintenance division rather than the operating line.

CHAPTER 6—FORMS

Formwork, form release agents, mixture design, and consolidation are some key factors in establishing the appearance of concrete work. The concrete surface appearance is a reflection of the form surface, provided that consolidation is properly accomplished. Since repairs to a defective surface are costly and seldom fully satisfactory, they should be avoided by establishing and maintaining quality forming and consolidation procedures.

6.1—General

Form strength, design, and other requirements are covered in ACI 347R and ACI SP-4, *Formwork for Concrete* (Hurd 1989). These publications deal mainly with forms for concrete that is internally vibrated. Very little guidance is given on the design of forms for external vibration.

6.2—Sloping surfaces

It is difficult to consolidate concrete that has a sloping top surface. When the slope is approximately 1:4 (vertical to horizontal) or steeper, consolidation is best assured by providing a temporary holding form or slipform screed to prevent sag or flow of concrete during vibration. An advantage of the temporary holding form or slipform screed is elimination of the need to strike off the top surface (Tuthill 1967). The holding form can be removed before the concrete has reached its final set so that surface blemishes can be removed by hand. When the sloping form cannot be removed before the concrete has set, the form should be removed as soon as possible to permit filling of the blemishes.

6.3—Surface defects

Some surface defects are related to a combination of the consolidation process and formwork details. Formwork con-

siderations are addressed by ACI 347R, while ACI 303R provides information on the use of form release agents.

The formed concrete finish should be observed when the form is stripped so that appropriate corrective measures can be expeditiously implemented. Additional information concerning surface defects may be found in ACI 309.2R.

6.4—Form tightness

Form joints should be mortar-tight for all concrete construction and should be taped to prevent leakage where appearance is important. If holes, open joints, or cracks occur in the form sheathing, hydrostatic pressure will cause mortar to flow out when vibration momentarily converts it to a fluid consistency. Such loss of mortar will cause rock pockets or sand streaks at these locations (see Fig. 6.4). Also, air may sometimes be sucked into the form at points of leakage, causing additional voids in the concrete surface. These imperfections seriously impair surface appearance and in some cases may weaken the structure. Moreover, it is practically impossible to make repairs that are inconspicuous.

Forms may also lose mortar at the bottom during vibration if the bottom plate does not fit the base tightly. The forms may cause this leakage by floating upward during vibration, especially if one or both sides are battered. Forms must be securely tied down and tightly caulked if this leakage is to be prevented.



Fig. 6.4—Sand streaks caused by mortar leak



Fig. 6.5.3—Mounting of vibrators; wood wall form and pipe form (inset)

A 1 by 4 in. (25 by 100 mm) closed-cell rubber or polyvinylchloride foam strip tacked to the underside of the plate is quite effective in stopping this leakage. It is very helpful to secure flat, straight surfaces on which to set the plate.

Mortar leakage at form joints between form panels and at the bottom of wall forms can be minimized by extending the form sheathing about $\frac{1}{8}$ in. (3 mm), or more in some cases, beyond the form-framing members. This arrangement allows the relatively thin edges of the sheathing to conform more easily and tightly to adjacent surfaces than wide and unyielding faces of form-framing members. When it is desired to disguise the joints, rustication strips should be used.

ACI 347R and SP-4 (Hurd 1989) suggest a 1 in. (25 mm) or less overlap for form sheathing. Otherwise forms spread and promote loss of mortar. The wales should overlap the casting below and should be held tightly to the previous casting by form ties. Anchors or bolts in the previous placement are recommended.

6.5—Forms for external vibration

6.5.1 General—Forms must withstand the lateral pressure of the vibrating liquefied concrete. Forms for external vibration must also be able to stand up under the repeated, reversing stresses induced by vibrators attached to the forms. Furthermore, they must be capable of transmitting the vibration over a considerable area in a uniform manner. Form de-

sign and vibration requirements should be coordinated before purchasing the forms.

The low-frequency, high-amplitude type of vibration has a greater impact and is harder on forms than the high-frequency, low-amplitude type. Extremely rugged forms are required where high-frequency, high-amplitude vibration is used.

6.5.2 Forming material—Steel is the preferred forming material because it has good structural strength and fatigue properties, is well suited for attachment of vibrators, and when properly reinforced provides good, uniform transmission of vibration. Wood, plastic, or reinforced concrete forms are generally less suitable, but will give satisfactory results if their limitations are understood and proper allowances are made.

6.5.3 Design and construction—Forms should be designed to resist the pressure of concrete without excessive deflection and to transmit the vibratory impulses to the concrete. A steel plate, $\frac{3}{16}$ to $\frac{3}{8}$ in. (5 to 10 mm) or thicker, stiffened with vertical and/or horizontal ribs, will perform these functions. Oscillation (flexing) of the steel plate between the stiffeners is normally somewhat greater than for the stiffeners themselves, but it should not be excessive if the stiffeners are closely spaced. Special attention should be directed to attachments when external vibration is anticipated to insure that excessive form deflections do not occur.

Special members, such as steel I-beams or channels, should be placed next to the plate, passing through the stiffeners in a continuous run. It is generally desirable to weld the stiffeners to these members.

The vibrators should be rigidly attached to the special members (see Fig. 6.5.3). Damage to the form and vibrator will occur if the vibrator shakes loose.

When rotary electric units are used, the rigidity of mounting required can readily be determined by measuring the amperage draw. If it exceeds the nameplate rating, the support is not strong enough. Air units cannot be evaluated as easily, but observing the movement of the form gives an indication of the rigidity. It is essential that the form hardware be securely fastened. Since wedges have a tendency to work loose under vibration, bolting is more dependable. Special attention should be paid to the strength of welds.

Vertical forms should be placed on rubber pads or other resilient base material to prevent transmission and loss of vibration to the supporting foundation as well as leakage of mortar.

It is difficult to attain and maintain form tightness when vibration is of the external type; even minute openings in the form will permit loss of mortar. Rubber or other suitable seals may be used to prevent grout loss through steel forms.

Attaching external vibrators directly to the form is generally unsatisfactory because the skin may flutter or develop a diaphragm action. This movement causes the vibrational force to be highly localized, and sometimes results in early form failure. However, portable vibrators mounted to brackets on metal forms have been successfully used in precast work and occasionally in general construction. One or more vibrators are moved from bracket to bracket over the form as placing progresses. This method should be used with extreme caution, and only with units having low amplitude and high frequency.

CHAPTER 7—RECOMMENDED VIBRATION PRACTICES FOR GENERAL CONSTRUCTION

After proper vibration equipment has been selected (see Chapter 5), it should be operated by conscientious, well-trained operators. The vibrator operator should have developed, through experience, the ability to determine the time necessary for the vibrator to remain in the concrete to insure proper consolidation. By a systematic review of the operator's previous work, the operator and supervisor should be able to determine the vibrator spacing and the vibration time needed to produce dense concrete without segregation.

Internal vibration is generally best suited for ordinary construction, provided the section is large enough for the vibrator to be effectively used. However, external vibration or consolidation aids may be needed to supplement internal vibration in areas congested with reinforcement or otherwise inaccessible (See Chapter 17). In many thin sections, especially in precast work and slabs, external vibration should be the primary method of consolidation.

7.1—Procedure for internal vibration

Concrete should be deposited in layers compatible with the work being done. In large mats and heavy pedestals, the max-

imum layer depth should be limited to 20 in. (500 mm). The depth should be nearly equal to the vibrator head length. In walls and columns, the layer depths should generally not exceed 20 in. (500 mm). The layers should be as level as possible so that the vibrator is not used to move the concrete laterally, since this could cause segregation. Fairly level surfaces can be obtained by depositing the concrete in the form at close intervals; the use of elephant trunks is frequently helpful.

Even though the concrete has been carefully deposited in the form, there are likely to be some small mounds or high spots. Some minor leveling can be accomplished by inserting the vibrator into the center of these spots to flatten them. Excessive movement should be avoided, particularly through reinforced structural elements.

After the surface is leveled, the vibrator should be inserted vertically at a uniform spacing over the entire placement area. The distance between insertions should be about $1\frac{1}{2}$ times the radius of action, and should be such that the area visibly affected by the vibrator overlaps the adjacent just-vibrated area. In slabs, a standard length vibrator should be sloped towards the vertical, or a short stubby 5-inch-long vibrator should be held vertically. Both should be kept 2 in. (50 mm) away from the bottom if the slab is a tilt-up panel and when a tilt-up panel slab has an architectural bottom face. The vibration should be sufficient to close the bottom edges of the placed concrete layers.

An alternate method that has been successfully used is as follows. The vibrator should penetrate rapidly to the bottom of the layer and at least 6 in. (150 mm) into the preceding layer. The vibrator should be manipulated in an up and down motion, generally for 5 to 15 sec, to knit the two layers together. The vibrator should then be withdrawn gradually with a series of up and down motions. The down motion should be a rapid drop to apply a force to the concrete which, in turn, increases internal pressure in the freshly placed mixture.

Rapidly extract the vibrator from the concrete when the head becomes only partially immersed in the concrete. The concrete should move back into the space vacated by the vibrator. For dry mixtures where the hole does not close during the withdrawal, sometimes reinserting the vibrator within $\frac{1}{2}$ influence radius will solve the problem; if this is not effective, the mixture or vibrator should be changed.

Thin slabs supported on beams should be vibrated in two stages: first, after beam concrete has been placed, and again when the concrete is brought to finished grade.

The vibrator exerts forces outward from the shaft. Air pockets at the same level as, or located below, the head tend to be trapped. Therefore, air pockets should be worked upward in front of the vibrator.

When the placement consists of several layers, concrete delivery should be scheduled so that each layer is placed while the preceding one is still plastic to avoid cold joints. If the underlying layer has stiffened just beyond the point where it can be penetrated by the vibrator, bond can still be obtained by thoroughly and systematically vibrating the new concrete into contact with the previously placed concrete; however, an unavoidable joint line will show on the surface when the form is removed.

7.2—Judging the adequacy of internal vibration

Presently, there is no quick and fully reliable indicator for determining the adequacy of consolidation of the freshly placed concrete. Adequacy of internal vibration is judged mainly by the surface appearance of each layer. The principal indicators of well consolidated concrete are:

1. Embedment of large aggregate. Except in architectural concrete with exposed aggregate surfaces, general batch leveling, blending of the batch perimeter with concrete previously placed, a thin film of mortar on the top surface, and cement paste showing at the junction of the concrete and form.

2. General cessation in escape of large entrapped air bubbles at the top surface. Thicker layers require more vibration time than thin layers, because it takes longer for deep-seated bubbles to make their way to the surface.

Sometimes the pitch or tone of the vibrator is a helpful guide. When an immersion vibrator is inserted in concrete, the frequency usually drops off, then increases, and finally becomes constant when the concrete is free of entrapped air. An experienced operator also learns the proper feel of a vibrator when consolidation is complete.

There is a tendency for inexperienced vibrator operators to merely flatten the batch. Complete consolidation is assured only when the other items evidencing adequate vibration are sought and attained.

7.3—Vibration of reinforcement

When the concrete cannot be reached by the vibrator, such as congested reinforcement areas, it may be helpful to vibrate exposed portions of reinforcing bars. Some engineers have suggested possible degradation in concrete-to-steel bond from vibration carried down through reinforcement to partially set concrete in the lower layers of a placement. Careful examination of hardened concrete consolidated in this manner has uncovered no grounds for such fears. When the concrete is still mobile, this vibration actually increases the concrete-to-steel bond through the removal of entrapped air and water from underneath the reinforcing bars.

A form vibrator, attached to the reinforcing steel with a suitable fitting, should be used for this purpose. Binding an immersion vibrator to a reinforcing bar may damage the vibrator.

7.4—Revibration

Revibration is the process of vibrating concrete that was vibrated some time earlier. Actually most concrete is revibrated unintentionally when, in placing successive layers of concrete, the vibrator extends down into the underlying layer (which was previously vibrated). However, the term revibration as used here refers to an intentional, systematic revibration some time after placing is completed (Vollick 1958).

Revibration can be accomplished any time the running vibrator will sink under its own weight into the concrete and liquefy it momentarily. This revibration has generally been considered to be most effective when performed just prior to the time of initial setting of the concrete for mixtures with slumps of 3 in. (75 mm) or more.

Revibration generally results in improved compressive strength of standard cylinders. The effect of revibration on

concrete-to-steel bond strength is not as clear. Revibration appears to improve bond strength for top reinforcing steels placed in high-slump concrete. Revibration may, however, severely damage bond strength for reinforcing steel in well-consolidated, low-slump concrete. Revibration is almost universally detrimental to the bond strength of bottom reinforcing steel. Overall, revibration tends to reduce the differences in bond strength caused by differences in slump and position (Altowaiji, Darwin, and Donahey 1984).

Revibration is most beneficial in the top few feet (0.5 to 1 m) of a placement, where air and water voids are most prevalent. Revibration of the tops of walls normally results in a more uniform appearance of vertical surfaces.

Revibration can be very effective in minimizing cracks at the top of doorways, arches, major boxouts, etc. The procedure is to delay additional concrete placement for 1 to 2 hr., depending upon temperature, after reaching the springline of arches or headline of doors, boxouts, or joints between column and floor, etc., to permit settlement shrinkage to occur before revibration of the materials in place and the resumption of placement.

7.5—Form vibration

The size and spacing of form vibrators should be such that the proper intensity of vibration is distributed over the desired area of form. The spacing is a function of the type and shape of the form, depth, and thickness of the concrete, force output per vibrator, workability of the mixture, and vibrating time.

The recommended approach is to start with a spacing, generally in the range of 4 to 8 ft (1.2 to 2.4 m), based on the guidelines in Section 5.2.3 and previous experience. If this pattern does not produce adequate and uniform vibration, the vibrators should be relocated as necessary until proper results are obtained. Achieving optimum spacing requires knowledge of the distribution of frequency and amplitude over the form, and an understanding of the workability and compactibility of the mixture.

The frequency can readily be determined by a vibrating reed tachometer (see Section 15.3.1). However, the small amplitudes associated with form vibration have been difficult to measure in the past. Inadequate amplitudes cause poor consolidation, while excessive local amplitudes are not only wasteful of vibrator power but can also cause the concrete to roll and tumble so that it does not consolidate properly.

Moving one's hand over the form will locate areas of strong or weak vibration (high or low amplitude) or dead spots. The vibrating reed tachometer can provide slightly more reliable information; the difference in oscillation of the reed at various points gives a rough indication of the difference in amplitude.

The vibrograph makes it possible to get reliable values of the amplitude at various locations on forms vibrated externally. The frequency and wave form are also generally provided.

Concrete compacted by form vibration should be deposited in layers 10 to 15 in. (250 to 400 mm) thick. Each layer should be vibrated separately. Vibration times are considerably longer than for internal vibration, frequently as much as 2 min and as much as 30 min or more in some deep sections.

Another procedure which has given good results in precast work involves continuously placing ribbons of concrete 2 to 4 in. (50 to 100 mm) thick, accompanied by continuous vibration. It can produce surfaces nearly free of bugholes.

It is desirable to be able to vary the frequency and amplitude of the vibrators. On electrically driven external vibrators, amplitudes can be adjusted to different fixed values quite readily. The frequency of air-driven external vibrators

can be adjusted by varying the air pressure, while the amplitude can be altered by changing the eccentric mass.

Since most of the movement imparted by form vibrators is perpendicular to the plane of the form, the form tends to act as a vibrating membrane, with an oil-can effect. This is particularly true if the vibration is of the high-amplitude type, and the plate is too thin or lacks adequate stiffeners. This in-and-out movement can cause the forms to pump air into the

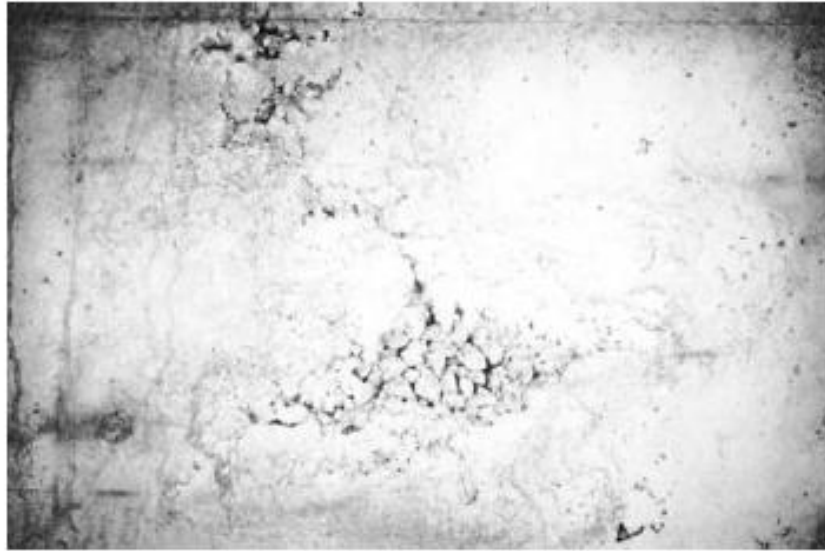


Fig. 7.6.1(a)—Honeycomb



Fig. 7.6.1(b)—Haphazard procedure may result in mortar accumulation at the surface and leave rock pockets below, particularly at batch perimeters

concrete, especially in the top few feet (0.5 to 1 m) of a wall or column lift, creating a gap between the concrete and the form. Here there are no subsequent layers of concrete to assist in closing the gap. It is therefore often advisable to use an internal vibrator in this region.

Form vibration during stripping is sometimes beneficial. The minute movement of the entire form surface helps to loosen it from the concrete and permit easy removal without damage to the concrete surface.

7.6—Consequences of improper vibration

The most serious defects resulting from undervibration are honeycomb, excessive entrapped air voids (bugholes), sand streaks, subsidence cracking, and placement lines.

7.6.1 Honeycomb—Honeycomb occurs [see Fig. 7.6.1(a)] when the mortar does not fill the space between the coarse aggregate particles. The presence of honeycomb indicates that the first stage of consolidation (see Section 4.2) has not been completed at these locations. When it shows on the surface, it is necessary to chip out the area and make a repair. Such repairs should be kept to a minimum, mainly because they mar the appearance and reduce the concrete strength. Honeycomb is generally caused by using improper or faulty vibrators, improper placement procedures, poor vibration procedures, inappropriate concrete mixtures, or congested reinforcement. Unsystematic insertions of internal vibrators at haphazard angles are likely to cause an accumulation of mortar at the top surface, while the lower portion of the layer may be undervibrated [Fig. 7.6.1(b)].

Guidance on proper placing techniques to minimize separation of coarse aggregate from mortar can be obtained from Chapter 9 of *ACI Manual of Concrete Inspection*, SP-2.

Concrete properties contributing to honeycomb are insufficient paste to fill the voids between the aggregate, improper ratio of fine to total aggregate, poor aggregate grading, or

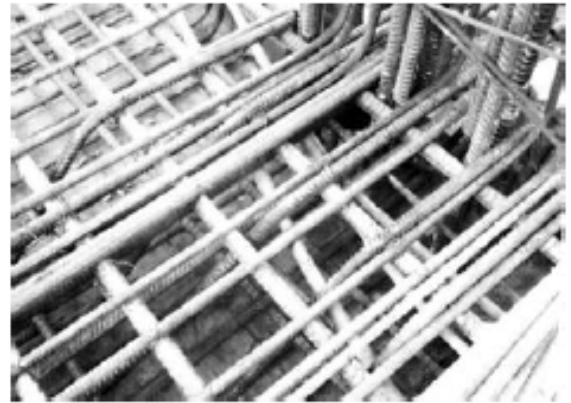


Fig. 7.6.1(c)—Poorly designed, congested reinforcement which will make good consolidation extremely difficult

improper slump for the placing conditions. Insufficient clearance between the reinforcing steel is an important cause of honeycomb [see Fig. 7.6.1(c)]. In establishing steel spacing, both the designer and builder must keep in mind that the concrete must be consolidated.

7.6.2 Excessive entrapped-air voids—Concrete that is free of honeycomb still contains entrapped air voids because complete removal of entrapped air is rarely feasible (See Section 4.2). The amount of entrapped air remaining in the concrete after vibration is largely a function of the vibratory equipment and procedure, but it is also affected by concrete mixture constituents, the properties of the concrete mixture, location in the placement, and other factors (Samuelsson 1970). When proper equipment or procedures are not used, or other unfavorable conditions occur, the entrapped-air content will be high and surface voids (commonly called bugholes) are likely to be excessive (see Fig. 7.6.2).



Fig. 7.6.2—Excessive air voids on formed surface

ANEXO 11

**PRODUCTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN DE ALTO
RENDIMIENTO**

PARÁMETROS DE CONSOLIDACIÓN



Betonfertigteile aus Hochleistungsbeton – verfahrenstechnische Lösungen

Nach zweijähriger Laufzeit wurde das Forschungsprojekt „Betonfertigteile aus Hochleistungsbeton/Hochleistungsfaserbeton für Tiefbau und Umweltschutz“ erfolgreich abgeschlossen. Dieses Vorhaben wurde als Verbundforschungsprojekt zwischen der Wesser Kies & Sand GmbH, Pötzig/Thüringen (Fa. Wesser), dem F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde der Bauhaus-Universität Weimar (FIB) sowie dem Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar e.V. (IFF) durchgeführt.

Das Gesamtziel des Projektes bestand in der Entwicklung und großtechnischen Erprobung und Prüfung von Hochleistungsbetonen (einschließlich selbstverdichtender Betone [SVB]) und Hochleistungsfaserbetonen, welche gegenüber konventionellem Beton eine verbesserte Widerstandsfähigkeit gegen physikalischen und chemischen Angriff aufweisen.

Hierzu wurden durch die beteiligten Projektpartner die folgenden Aufgabenschwerpunkte bearbeitet:

1. Rezepturenentwicklung und Dauerhaftigkeitsuntersuchungen für steife und selbstverdichtende Betone (F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde der Bauhaus-Universität Weimar)
2. Verfahrens- und maschinentechnische Untersuchungen (Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar e.V.)
3. Großtechnische Umsetzung im Betonwerk (Wesser Kies & Sand GmbH, Pötzig/Thüringen, gemeinsam mit den Projektpartnern).

Auf Grund des Umfangs der Untersuchungen werden zunächst im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchungen ausgewählte Ergebnisse zu steifen Hochleistungsbetonen und Hochleistungsfaserbetonen vorgestellt.

In einer weiteren Veröffentlichung erfolgt die Darstellung der Ergebnisse zu selbstverdichtenden Betonen und Dauerhaftigkeitsuntersuchungen.

Hochleistungsbeton

Als Hochleistungsbeton bezeichnet man Beton, der gegenüber herkömmlichem Beton deutlich verbesserte Nutzungseigenschaften aufweist [1] bzw. der in Bezug auf Beständigkeit und Festigkeit besonders hohe Ansprüche erfüllen kann [2].

Mit der Erhöhung der Druckfestigkeit (bewirkt durch ein dichteres Betongefüge), geht im Allgemeinen auch eine Verbesserung wesentlicher Dauerhaftigkeitsaspekte einher.

Diese „Leistungsverbesserung“ beinhaltet Eigenschaften sowohl des Frischbetons (z. B. Selbstverdichtung) als auch des erhärteten Betons (z. B. Widerstand gegen chemischen und physikalischen Angriff [3]).

In Deutschland sind die wesentlichen Anforderungen und Qualitätsparameter in der Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStB) für hochfesten Beton, Ausgabe 1995-08 [4] geregelt. Mit der bauaufsichtlichen Einführung der neu gefassten DIN 1045, Ausgabe 07-2001, sowie in EN 206 wird der hochfeste Beton bzw. Hochleistungsbeton auch in Deutschland normativ erfasst.

Neuere Untersuchungen zeigen sowohl neue Methoden in der Betonprojektierung [5] als auch mögliche ernst zu nehmende Dauerhaftigkeitsaspekte, wie z. B. die Microrisbildung [6], auf. Darüber hinaus wurden in den zurückliegenden Monaten eine Vielzahl von Erkenntnissen erzielt [7] [8] [9] [10] [11] [12].

Precast concrete elements made from high-performance concrete – process engineering solutions

The research project “Precast concrete elements made from high-performance concrete/high-performance fibre concrete for construction engineering and environmental protection” was concluded successfully after running for two years. This project was carried out as a joint research project between Wesser Kies & Sand GmbH of Pötzig, Thüringen (Wesser), the F.A. Finger-Institute für Baustoffkunde of the Bauhaus University in Weimar (FIB) and the Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar e.V. (IFF).

The overall aim of the project lay in the development and industrial-scale testing and examination of high-performance concretes (including self compacting concretes [SCC]) and high-performance fibre concretes, which exhibit better resistance than conventional concrete to physical and chemical attack. For this purpose the project partners concentrated on the following areas:

1. Development of mix formulation and durability investigations for stiff and self compacting concretes (F.A. Finger-Institute für Baustoffkunde of the Bauhaus University in Weimar)
2. Process engineering and mechanical investigations (Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar e.V.)
3. Industrial-scale implementation in a concrete plant (Wesser Kies & Sand GmbH of Pötzig, Thüringen, together with the project partners).

Because of the extent of the investigations selected results relating to stiff high-performance concretes and high-performance fibre concretes will be presented first as part of the investigations described here.

The results relating to self compacting concretes and durability investigations will be given in another publication.

High-performance concrete

High-performance concrete is concrete which has significantly better service properties than conventional concrete [1] and can fulfil particularly heavy demands with respect to durability and strength [2].

An increase in compressive strength (resulting from a denser concrete microstructure) is generally also accompanied by an improvement in important durability aspects. This “improved performance” includes the properties both of the fresh concrete (e.g. self compaction) as well as of the hardened concrete (e.g. resistance to chemical and physical attack [3]).

In Germany the essential specifications and quality parameters are regulated in the DAfStB (German Committee for Rein-

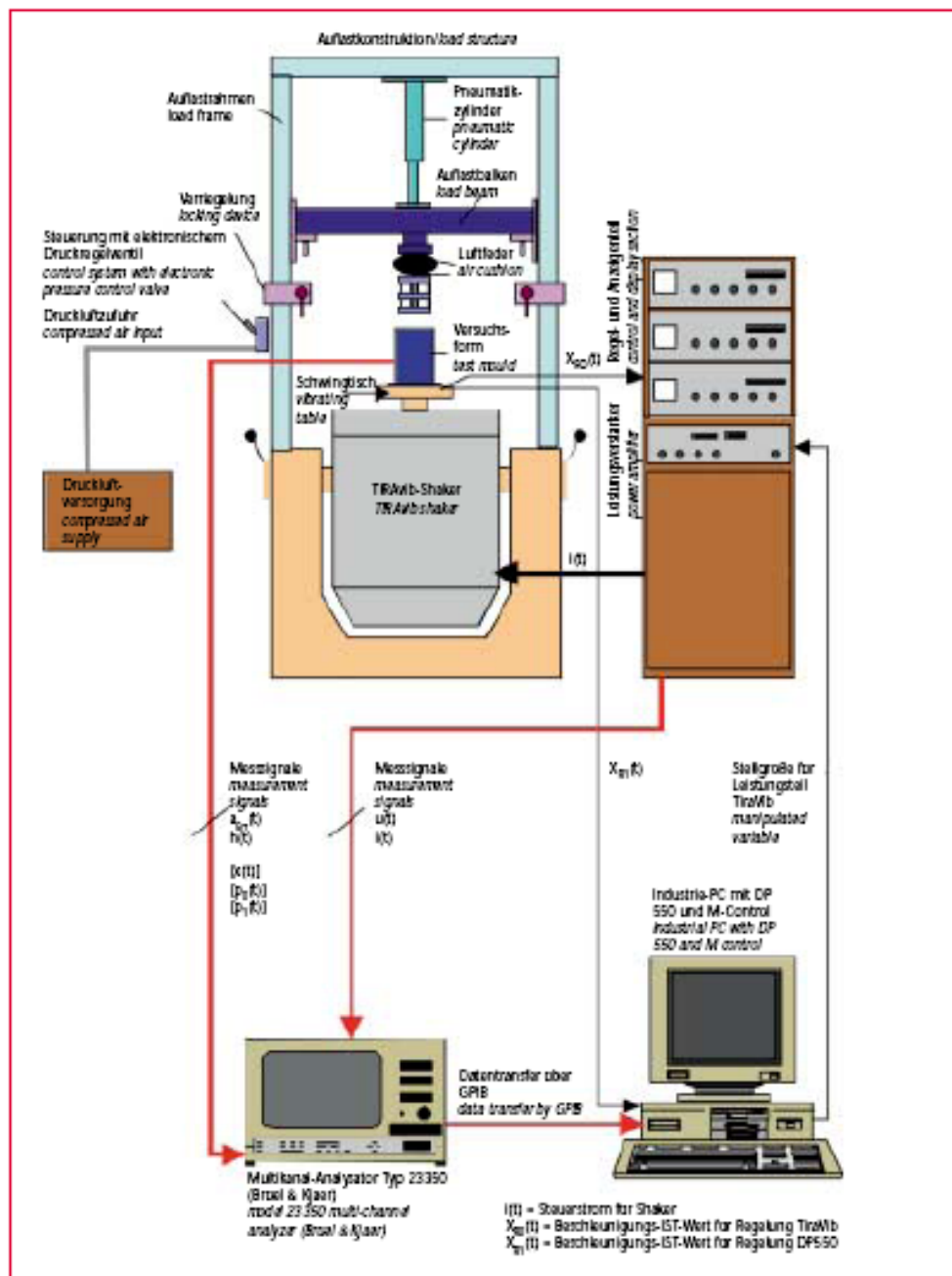


Bild 1. Prinzipdarstellung der Versuchseinrichtung „TIRAbib“
 Fig. 1. Base diagram of the „TIRAbib“ test equipment

welche überwiegend an Hochleistungsbetonen mit einer Frischbetonkonsistenz von plastisch bis fließfähig gewonnen wurden. Projektierung, Herstellung, Verarbeitung (Formgebung und Verdichtung) und Nachbehandlung weicher Betonkonsistenzen erfordern bekanntlich ein hohes Maß an Sorgfältigkeit aller Beteiligten.

Für die Produktion von sofort entschalteten Betonprodukten erlangt außerdem mit der so genannten Grünstandfestigkeit eine weitere betontechnologische Komponente besondere Bedeutung. Hierzu muss auch bei der Verwendung von Hochleistungs- und Hochleistungsfaserbetonen der Frischbeton mit

forced Concrete) Guidelines for high-strength concrete, issued 1995-08 [4]. High-strength concrete and high-performance concrete are also included in the standards in Germany through the adoption by the building inspectorate authorities of the new version of DIN 1045, issued 07-2001, as well as in EN 206.

Fairly recent investigations have indicated not only new methods in concrete design [5] but also possible serious durability aspects, such as micro-cracking [6].

A great deal of knowledge, predominantly relating to high-performance concretes with fresh concrete consistencies rang-

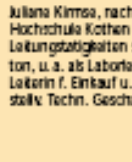


Dipl.-Ing. Michael Kolodziej, Studium an der Bauhaus-Universität Weimar, Studiengang Baustoffingenieurwesen, ab 1987 wiss. Mitarbeiter und Leiter der Baustoffpraktika im IFW Weimar e.V., seit 1999 darüber hinaus Leiter der Abteilung Baustoffverfahrenstechnik im IFW Weimar e.V., Arbeitsschwerpunkte: Baustoff- und Werkstofftechnologie.

Dipl.-Ing. Ines Döring, Studium an der Technischen Hochschule Merseburg, Studierrichtung Werkstofftechnik, wiss. Assistentin im Bereich Technische Mechanik; seit 1998 wiss. Mitarbeiterin am IFW Weimar e.V., Abteilung Baustoffverfahrenstechnik, Arbeitsschwerpunkte: Baustofftechnologie und Marketing.



Diatmar Wesser, nach Studium Bauverfahrenstechnik und wiss. Mitarbeit Leitungstätigkeiten in verschiedenen Betrieben der Baustoffindustrie in Thüringen, seit 1990 Geschäftsführer und Gesellschafter der Wesserbeton Firmengruppe sowie Vorsitzender des Guteschutzverbandes der Beton- und Fertigtalindustrie Thüringen e.V., seit 2000 Bundesvorsitzender Bund Guteschutz Beton- und Stahlbetonfertigteile e.V.



Juliane Krimm, nach Studium an Ing.-Hochschule Kothlen und verschiedenen Leitungstätigkeiten seit 1984 bei Wesserbeton, u. a. als Laborleiterin, Betriebsleiterin, Leiterin f. Einkauf u. Marketing – seit 2001 stellv. Techn. Geschäftsführerin.



Hans-Georg Zauggner, nach Ausbildung zum Betonbauer seit 1993 Mitarbeiter bei Wesserbeton, seit 1999 Präfektorenleiter.

einer steifen Konsistenz in einer wirtschaftlich vertretbaren Zeit möglichst effektiv verdichtet werden. Um die hohen Qualitätsanforderungen an die Produkte erfüllen zu können, ist daher eine detailgenaue Abstimmung zwischen den werkstofftechnischen, prozesstechnischen und maschinentechnischen Parametern erforderlich.

Mit der Zielstellung, diese Zusammenhänge praxisorientiert wissenschaftlich zu durchdringen, wurden im Rahmen des hier vorgestellten Projektes Grundlagen für die Herstellung von Rohren, Schächten und Schachtunterteilen aus Hochleistungs-beton/Hochleistungsfaserbeton erarbeitet. Hierzu wurden grundlegende Untersuchungen im labor- und kleintechnischen Maßstab durchgeführt, die als Basis für eine großtechnische Herstellung von Produkten aus Hochleistungsbeton und Hochleistungsfaserbeton dienen.

Formgebung und Verdichtung bei der Betonrohr- und Schachtringproduktion

Im Wesentlichen haben sich folgende Verfahren zur Herstellung von bewehrten und unbewehrten Betonrohren bewährt [13]:

- ▶ Gießverfahren (Meine Stückzahlen und Sonderformen)
- ▶ Vibrationsverfahren mit stehendem Kern
- ▶ Vibrationsverfahren mit steigendem Kern
- ▶ Rollenkopf-Verfahren sowie
- ▶ Kombinierte Verfahren.

ing from plastic to free-flowing, has also been obtained during the past months [7], [8], [9], [10], [11], [12]. The design, production, placement (shaping and compaction) and curing of soft concrete consistencies is known to require a great deal of care on the part of all those involved. Another concrete technology component, the green strength, is also particularly important in the production of concrete products which are demoulded immediately after production. In this case the fresh concrete with a stiff consistency has to be compacted as effectively as possible within an economically justifiable time even when high-performance and high-performance fibre concretes are used. The material, process technology and mechanical parameters need to be accurately matched to one another if the strict quality specifications for the products are to be fulfilled.

In order to establish a practical and scientific basis for these relationships the fundamental principles for the production of pipes, shafts and shaft base sections made from high-performance concrete/high-performance fibre concrete were worked out within the framework of the project described here. Fundamental investigations were carried out on laboratory and pilot-plant scales, which then served as the basis for industrial-scale production of products using high-performance concrete and high-performance fibre concrete.

Shaping and compaction during the production of concrete pipes and shaft rings

Essentially, the following processes have proved successful for producing reinforced and non-reinforced concrete pipes [13]:

- ▶ Casting process (small number of items and special shapes)
- ▶ Vibration process with vertical core
- ▶ Vibration process with rising core
- ▶ Pack-a-head process, and
- ▶ Combined process.

With the exception of special productions (casting process) the concrete pipes manufactured by these processes are demoulded directly after production, during which it is necessary to fulfil strict requirements on the dimensional stability, especially at the sealing surfaces of the pipe joints. It is therefore of particular importance to ensure that the above-mentioned green strength is achieved through suitable concrete technology and mechanical measures.

The manufacture of concrete shaft rings exhibits many important analogies to the manufacture of concrete pipes by the vibration method with vertical core, so the relevant information is substantially valid for both technologies.

Characteristic variables for shaping and compaction

To assess the vibrations during vibrational compaction it is necessary to have characteristic variables which on the one hand can be correlated to the required fresh and hardened concrete properties and on the other hand can be measured. Known characteristic variables for this purpose [14] are, among others:

- ▶ Movement variables
 - ▷ amplitude of the vibration path z
 - ▷ amplitude of the vibrational velocity \dot{p}
 - ▷ amplitude of the vibrational acceleration $\ddot{\delta}$

▷ or relative acceleration $a_g = \frac{\ddot{\delta}}{g}$

- ▶ Excitation frequency f

▶ Acceleration/frequency ratio $\frac{\ddot{\delta}}{f}$

▶ Intensity $I = z^2 \cdot f^3$

▶ Dynamic pressure $P_{dyn} = \frac{P_1 \cdot t_0}{\sqrt{f} \cdot (B_p - 1)}$

Mit Ausnahme von Sonderanfertigungen (Gießverfahren) werden die nach den genannten Verfahren gefertigten Betonrohre direkt nach der Herstellung entsackt. Dabei müssen hohe Anforderungen an die Maßhaltigkeit insbesondere an den Dichtflächen der Rohrverbindung erfüllt werden. Von besonderer Bedeutung ist daher die Sicherstellung der bereits erwähnten Grünstandfestigkeit durch geeignete betontechnologische und maschinentechnische Maßnahmen.

Die Fertigung von Schachtringen aus Beton weist viele wesentliche Analogien zur Fertigung von Betonrohren im Vibrationsverfahren mit stehendem Kern auf, sodass die diesbezüglichen Aussagen weitgehend für beide Technologien Gültigkeit besitzen.

Kenngrößen der Formgebung und Verdichtung

Für die schwingungstechnische Beurteilung der Vibrationsverdichtung sind Kenngrößen notwendig, die einerseits Korrelationen zu den gewünschten Frisch- und Festbetoneigenschaften zulassen und andererseits messbar sind. Hierfür bekannte Kenngrößen [14] sind u. a.:

- ▶ Bewegungsgrößen
 - ▷ Amplitude des Schwingweges z
 - ▷ Amplitude der Schwinggeschwindigkeit \dot{z}
 - ▷ Amplitude der Schwingbeschleunigung \ddot{z}
 - ▷ bzw. bezogene Beschleunigung $a_g = \frac{\ddot{z}}{g}$
- ▶ Erregerfrequenz f
- ▶ Beschleunigungs-Frequenzverhältnis $\frac{\ddot{z}}{f}$
- ▶ Intensität $I = z^2 \cdot f^3$

- ▶ Dynamischer Druck $P_{dyn} = \frac{P_1 \cdot t_v}{V_d (B_v - 1)}$
- ▶ Spezifische Vibrationsarbeit $w = \int_0^t P \cdot dt$
- ▶ Gesamteinwirkung $W_v = I \cdot t_v$

Hierbei bedeuten:

- t_v Verdichtungsdauer
- P_1 Verdichtungsleistung
- V_d Volumen des verdichteten Frischbetons
- B_v Verdichtungskoeffizient
- P Effektivwert der spezifischen Leistungen
- g Erdbeschleunigung

Eine Betrachtung der vorgenannten Kenngrößen, die auf der Basis harmonischer Schwingungen formuliert sind, macht deutlich, dass in diesen immer die Bewegungsgrößen, insbesondere die Beschleunigungen, und die Frequenz der Schwingungen enthalten sind. Sie stellen demzufolge primäre Kenngrößen dar [15].

Die systematische Untersuchung des Einflussbereiches dieser Parameter erfolgte im Rahmen des Projektes mit dem im Technikum des IFF Weimar integrierten elektrodynamischen Schwingungsprüfstand „TIRA vib“ (Bild 1).

Mit dieser labortechnischen Versuchseinrichtung ist es über eine entsprechende Software möglich, Versuchsobjekte gezielt mit gewünschten Signalformen, Frequenzen und Beschleunigungen zu erregen.

Experimentelle Untersuchungen – Verdichtungsparameter

Durch das FB wurde eine von der Fa. Wesser zur Fertigung von Rohren eingesetzte Basisrezeptur zur Projektierung der Betone genutzt. Zunächst wurde der W/Z-Wert auf 0,35 abgemindert. Hierbei blieben Kornzusammensetzung, Zementgehalt, Gehalt an Steinkohlenflugasche und Fasergehalt (Stahl- und/oder Kunststoffasern) der Rezepturen konstant. Zuschlag- und Wassergehalt, Gehalt an Microsilica bzw. Kunststoffdispersion, Art und Gehalt des Fließmittels sowie Wasser-Bindemittel-Wert bildeten die variablen stofflichen Parameter. Darüber hinaus wurden alle Versuche jeweils mit einem Portlandzement (Zement 1) und einem Portlandzement mit hohem Sulfatwiderstand (Zement 2) nach DIN 1164 durchgeführt.

Als Vorgabe für die zu favorisierenden Rezepturen wurde min-

LITERATUR

- [1] Reinhardt, H.-W.: Hochleistungsbeton. In: Betonwerk + Fertigteil-Technik, 1995, H. 1, S. 62-68
- [2] Nischer, P.: Hochleistungsbeton – Verbesserung besonderer Eigenschaften; Beton + Fertigteil-Technik 1/1995, S. 76-84
- [3] Nischer, P.: Hochleistungsbeton-Verarbeitbarkeit, Festigkeit, E-Modul-Widerstand gegen losenden Angriff; Beton + Fertigteil-Technik, 3/1994, S. 68-77
- [4] Richtlinien des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAStB) für hochfesten Beton, Ausgabe 1995-09
- [5] Hillemeyer, B.: Hochleistungsbeton – Beispiel Sauerestanz; Betonwerk + Fertigteil-Technik, 2000, H. 1
- [6] Stark, I.: Dauerhaftigkeit von Betonfertigteilen; Betonwerk + Fertigteil-Technik, 2001, H. 1
- [7] Möller, H. S.; Guss, U.: Entwicklung der Betontechnologie – Forschungsergebnisse und Ausblick ins neue Jahrtausend; Betonwerk + Fertigteil-Technik, 2000, H. 1
- [8] Aßner, B.; Molbat, K.: Faserverstärkter Hochleistungsbeton; Betonwerk + Fertigteil-Technik, 2000, H. 3
- [9] Fehling, E.; Middendorf, B.; Schmidt, M.; Bornemann, R.: Ultra-Hochleistungs-Beton UHPC; Beton- und Stahlbetonbau, 2001, H. 7
- [10] Guarnini, G. L.; Rosati, G.: Faserverstärkter Hochleistungsgepanntbetonträger; Betonwerk + Fertigteil-Technik, 2001, H. 2
- [11] Täusch, M.: Entwicklung duktiler stahlfaserbewehrter Hochleistungsbetone; Betonwerk + Fertigteil-Technik, 2001, H. 4
- [12] Hillemeyer, B.: Sauerestanzbeton für Abwasserrohre – Möglichkeiten und Grenzen; Betonwerk + Fertigteil-Technik, 2000, H. 1
- [13] Schwabe, J.-H.: Stand der Verdichtungstechnik bei Rohrmaschinen mit Solenantschaltung; Betonwerk + Fertigteil-Technik, 1998, H. 1
- [14] Kuch, H.: Grundlagenuntersuchungen zur Beschreibung, mathematischen und numerischen Modellierung des Verarbeitungsverhaltens thixotroper schottragfähiger Baustoffe wie Frischbeton. Abschlussbericht, 1999
- [15] Kuch, H.: Messtechnische Untersuchungen zur Formgebung und Verdichtung an Baustoffmaschinen; Betonwerk + Fertigteil-Technik, 1996, H. 1
- [16] Richtlinien des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAStB) zur Nachbehandlung von Beton, 1984

In which:

- t_v compaction time
- P_1 compaction power
- V_d volume of the compacted fresh concrete
- B_v compaction coefficient
- P effective value of the specific power
- g gravitational acceleration

- ▶ Specific vibrational work $w = \int_0^t P \cdot dt$
- ▶ Overall effect $W_v = I \cdot t_v$

From an examination of these characteristic variables, which are formulated on the basis of harmonic vibrations, it is clear that they always include the movement variables, especially the accelerations and the frequency of the vibrations. They therefore represent primary characteristic variables [15].

Systematic investigation of the areas of influence of these parameters was carried out within the framework of the project using the "TIRA vib" integrated electrodynamic vibration test stand in the research laboratories of the IFF Weimar (Fig. 1).

With appropriate software this laboratory test equipment can be used to excite test objects selectively with the required signal shapes, frequencies and accelerations.

Experimental investigations – compaction parameters

One of the basic mix formulations used by Wesser for manufacturing pipes was utilized by the FB for designing the concretes. The w/c ratio was first reduced to 0.35. The particle size composition, cement content, content of coal fly ash and fibre content (steel and/or synthetic fibres) of the mix formulations were kept constant. The variable material parameters were

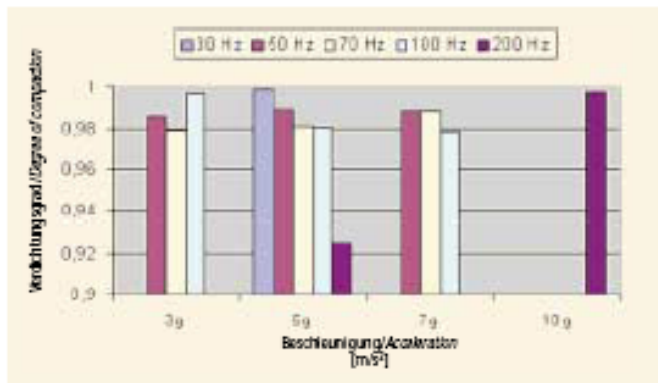


Bild 2. Parameterabhängiger Verdichtungsgrad für einen Beton mit Microsilicazusatz
Fig. 2. Parameter-dependent degree of compaction for a concrete with added microsilica

destens das Erreichen der Druckfestigkeitsklasse B 65 zum Ziel gesetzt. Dies entspricht der niedrigsten Druckfestigkeitsklasse für einen hochfesten Beton und berücksichtigt zugleich, dass günstige Betoneigenschaften mittels einer fortschrittlichen Betontechnologie bei angemessenem wirtschaftlichem Aufwand realisiert werden müssen, um marktgerechte Produkte herstellen zu können.

Untersuchungen zur möglichen Verarbeitungszeit ergaben, dass die betrachteten Rezepturen für Hochleistungsbetone möglichst innerhalb von 30 min nach Wasserzugabe zu verarbeiten sind. Diese Vorgabe ist auch unter praktischen Bedingungen realisierbar.

Die Bilder 2 bis 4 zeigen eine beispielhafte Auswahl der erzielten Ergebnisse zur Untersuchung der geeigneten maschinentechnischen Parameter für verschiedene Rezepturen. So sind im Bild 2 die erzielten Verdichtungsgrade für einen steifen Hochleistungsbeton mit 7,5 Masse-% Microsilica dargestellt. Durch Zugabe von Stahlfasern (Bild 3) sowie Stahl- und Kunst-

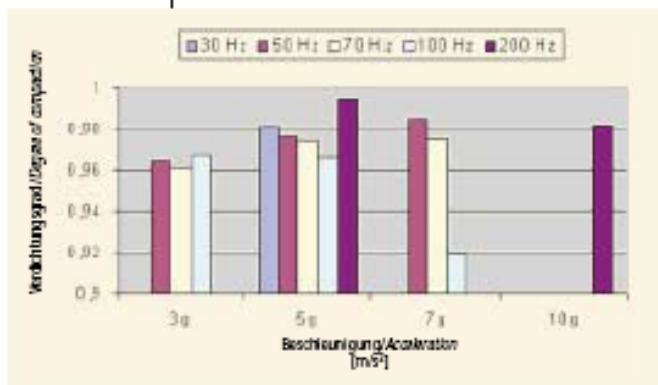


Bild 3. Parameterabhängiger Verdichtungsgrad für einen Beton mit Microsilicazusatz und Stahlfasern
Fig. 3. Parameter-dependent degree of compaction for a concrete with added microsilica and steel fibres

stofffasern (Bild 4) zu diesem Beton wurden die in den jeweiligen Bildern dargestellten weiteren Ergebnisse gewonnen. Zur Ermittlung der optimalen Verdichtungsparameter wurden jeweils mit verschiedenen Kombinationen von Vibrationsparametern (f , a) Probekörper mittels des Laborversuchsstandes „TIRA vib“ hergestellt. Die Beurteilung der Verdichtungsgröße erfolgte durch die Ermittlung des Verdichtungsgrades, d.h. der erzielten Rohdichte, bezogen auf die jeweilige theoretisch erzielbare Rohdichte:

$$\text{Verdichtungsgrad: } c_v = \rho_{ST} / \rho_{th}$$

Mit ρ_{ST} : erzielte Rohdichte
 ρ_{th} : theoretisch erzielbare Rohdichte

wobei gilt: $c_v \leq 1$ bzw. 100 %.

aggregate content and water content, content of microsilica or synthetic dispersion, nature and content of superplasticizer and the water/binder ratio. In addition to this, all tests were carried out both with a Portland cement (Cement 1) and a highly sulfate-resisting Portland cement (Cement 2) complying with DIN 1164.

Achievement of compressive strength class B 65 was set as the minimum target for the preferred mix formulations. This corresponds to the lowest compressive strength class for a high-strength concrete and also takes into account the fact that favourable concrete properties must be achieved by advanced concrete technology at reasonable cost if marketable products are to be produced.

Investigations into possible workability times showed that the mix formulations considered for high-performance concretes must, as far as possible, be placed within 30 minutes after addition of the water. This target can also be met under practical conditions. Figs. 2 to 4 show selected examples of the results achieved when investigating suitable mechanical properties for different mix formulations. Fig. 2, for example, shows the degree of compaction achieved with a stiff high-performance concrete containing 7.5 wt.% microsilica. The other results shown in the respective diagrams were obtained when steel fibres (Fig. 3) and steel and synthetic fibres (Fig. 4) were added to this concrete.

Test pieces were produced with the "TIRA vib" laboratory test stand, in each case with different combinations of vibration parameters (f , a), in order to determine the optimum compaction parameters. The quality of compaction was assessed by determining the degree of compaction, i.e. the bulk density achieved relative to the theoretically achievable bulk density:

$$\text{Degree of compaction: } c_v = \rho_{actual} / \rho_{theor}$$

where ρ_{actual} : bulk density achieved
 ρ_{theor} : theoretically achievable bulk density

in which: $c_v \leq 1$ or 100%.

All the concretes designed could be adequately compacted with suitable parameter combinations. The investigations confirmed the anticipated influence of the excitation frequency and acceleration amplitude parameters on the degree of compaction of the concretes which can be achieved. For example, a concrete with a degree of compaction of 1 (100%) can be produced under favourable conditions using a frequency of 50 Hz. Equally, a degree of compaction which is more than 6% lower is obtained with the same mix formulation and a slightly changed frequency (200 Hz). The consequences are correspondingly important, bearing in mind the known correlation between bulk density and compressive strength (a deficit of 4% in the compaction of no-slump concrete is generally accompanied by a loss in compressive strength of 25%). The degree of compaction tends to decrease with higher frequency values, while raising the acceleration leads to higher degrees of compaction. However, there are specific features which are influenced by the particular mix formulation and must be taken into account appropriately during the production and processing of the concrete in order to produce products of suitable quality. Table 1 contains an overview of the selected concrete compositions and results.

The green compressive strength was tested on cubes of 150 mm edge length immediately after the test pieces were made. The results of these tests, which in each case were obtained with the optimum compaction parameters (and the highest degrees of compaction), are shown in Fig. 5.

Both the mix formulation and the selected compaction parameters exert a significant influence on the green compressive strength of high-performance concrete and high-performance fibre concrete. The workability properties can be permanently

Alle projizierten Betone lassen sich mit geeigneten Parameterkombinationen ausreichend verdichten. Die Untersuchungen belegen den vermuteten Einfluss der Parameter Erregerfrequenz und Beschleunigungsamplitude auf den zu erzielenden Verdichtungsgrad der Betone. So lässt sich unter günstigen Bedingungen bei einer Frequenz von 50 Hz ein Beton mit einem Verdichtungsgrad von 1 (100%) herstellen. Ebenso kann bei derselben Rezeptur und lediglich veränderter Frequenz (200 Hz) ein um über 6% geringerer Verdichtungsgrad auftreten. Die hieraus resultierenden Folgen sind unter Berücksichtigung der bereits bekannten Korrelation von Rohdichte und Druckfestigkeit (mit einer Minderverdichtung erdfeuchter Betone von 4% geht im Allgemeinen ein Druckfestigkeitsverlust von 25% einher) von entsprechender Tragweite. Tendenziell nimmt der Verdichtungsgrad mit höheren Frequenzwerten ab, während die Erhöhung der Beschleunigung zu höheren Verdichtungsgraden führt. Es existieren jedoch von der jeweiligen Rezeptur beeinflusste Spezifika, die bei der Betonherstellung und Verarbeitung angemessen zu berücksichtigen sind, um qualitätsgerechte Produkte herstellen zu können.

Tabelle 1 enthält eine Übersicht zu ausgewählten Betonzusammensetzungen und Ergebnissen.

Die Prüfung der Grunddruckfestigkeit erfolgte sofort nach Abschluss der Probekörperherstellung an Würfeln mit 150 mm Kantenlänge. Im Bild 5 sind die Ergebnisse dieser Prüfungen, welche mit den jeweils optimalen Verdichtungsparametern (und den höchsten Verdichtungsgraden) erzielt wurden, dargestellt.

Sowohl die Rezeptur als auch die gewählten Verdichtungsparameter üben einen deutlichen Einfluss auf die Grunddruckfestigkeit der Hochleistungs- und Hochleistungsfaserbetone aus. So sind mit der Auswahl des Zementes, aber auch der Betonzusätze die Verarbeitungseigenschaften nachhaltig zu beeinflussen. Von den untersuchten Betonen weisen insbesondere die mit Faseranteil – und hier vor allem das Gemisch aus Stahl- und Kunststofffasern – die höchsten Werte auf.

In Bild 6 sind die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung im Alter von 28 Tagen nach DIN 1048 grafisch dargestellt (Tabelle 1).



affected by the choice of the cement, and also of the concrete additions. Of the concretes investigated those containing fibres – and particularly the mixture of steel and synthetic fibres – exhibited the highest values.

The results of the compressive strength testing at 28 days as specified in DIN 1048 are shown diagrammatically in Fig. 6 (Table 1).

The results show that the average value for the compressive strength of 70 N/mm² after 28 days [4] on which concrete strength class B 65 is based was achieved by all mix formulations to which microsilica had been added. On the other hand, this average value was not achieved either by the conventional reference concrete, which consistently gave very good strength values, or by the mix formulations with synthetic dispersions. These results confirmed the known findings on the influence exerted on the compressive strength by

- ▶ low w/c value
- ▶ addition of microsilica
- ▶ addition of fibres.

Bild 4. Parameterabhängiger Verdichtungsgrad für einen Beton mit Microsilicazusatz und Stahlfasern sowie Kunststofffasern

Fig. 4. Parameter-dependent degree of compaction for a concrete with added microsilica and steel fibres as well as synthetic fibres

Tabelle 1. Ausgewählte Betonzusammensetzungen und Ergebnisse bei den jeweils optimalen Verdichtungsparametern

Table 1. Selected concrete compositions and results obtained using optimum compaction parameters

Bezeichnung	Betonzusammensetzung	w/z-Wert	Wassereindringtiefe (mm)	Grunddruckfestigkeit [N/mm ²]	Druckfestigkeit 28 Tage [N/mm ²]
Designation	Concrete composition	w/c ratio	Depth of water penetration	Green compressive strength	28-day compressive strength
R1	konventioneller Rohrbeton conventional pipe concrete	0.41	27	0.117	67.15
R2	Ausgangszusatz (Zement 1) initial mix formulation (cement 1)	0.35	20	0.173	72.76
R3	Ausgangszusatz (Zement 2) initial mix formulation (cement 2)	0.35	18	0.091	77.20
R4	Zement 1 + Microsilica cement 1 + microsilica	0.35	14	0.153	77.37
R5	Zement 2 + Microsilica cement 2 + microsilica	0.35	15	0.124	85.67
R6	Zement 1 + Microsilica + Stahlfasern cement 1 + microsilica + steel fibres	0.35	24	0.158	80.97
R7	Zement 1 + Microsilica + PP-Fasern cement 1 + microsilica + PP fibres	0.35	17	0.139	88.46
R8	Zement 1 + Microsilica + Fasergemisch cement 1 + microsilica + fibre mix	0.35	19	0.207	85.43
R9	Zement 1 + Kunststoffdispersion cement 1 + synthetic dispersion	0.35	15	0.097	58.41
R10	Zement 2 + Kunststoffdispersion cement 2 + synthetic dispersion	0.35	12	0.030	63.02

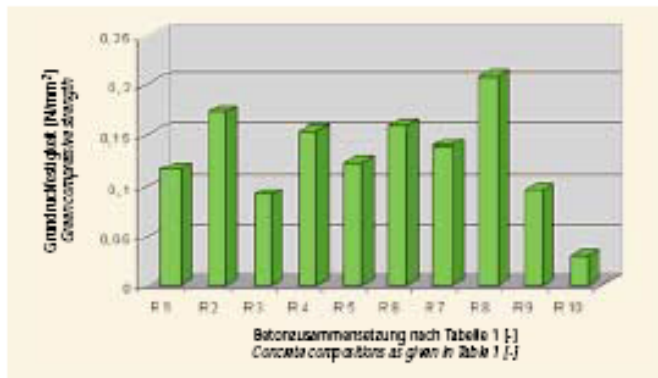


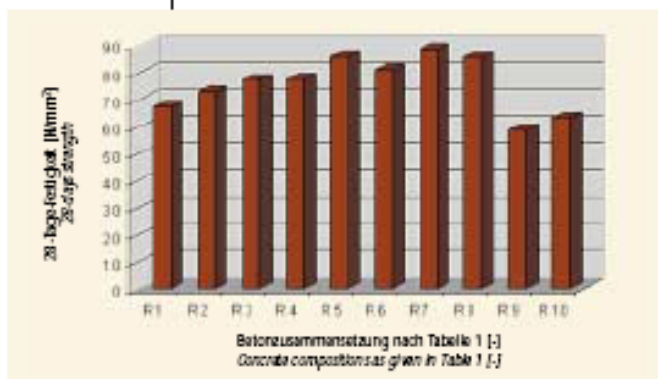
Bild 5. Grün-
druckfestigkeit
ausgewählter
Versuchsbetone
Fig. 5. Green
compressive
strength of
selected test
concretes

Wie die Darstellung der Ergebnisse zeigt, konnte der zu Grunde gelegte Mittelwert für die Druckfestigkeit bei Betonfestigkeitsklasse B 65 von 70 N/mm² nach 28 Tagen [4] für alle Rezepturen, denen Microsilica zugesetzt wurde, erreicht werden. Demgegenüber konnte dieser Mittelwert weder von dem konventionellen Vergleichsbeton, welcher durchaus sehr gute Festigkeitswerte lieferte, noch von den Rezepturen mit Kunststoffdispersion erzielt werden. Die bekannten Erkenntnisse zur Beeinflussung der Druckfestigkeit durch

- ▶ niedrigen W/Z-Wert
 - ▶ Zugabe von Microsilica
 - ▶ Zugabe von Fasern
- werden durch die obigen Ergebnisse bestätigt.

Bei der Prüfung der Wasserundurchlässigkeit nach DIN 1048 wurde für alle Rezepturen der Grenzwert von 50 mm maximaler Wassereindringtiefe (WU-Beton nach DIN 1045) unterschritten; alle Betone sind damit als wasserundurchlässig einzustufen (Tabelle 1). Für einige Rezepturen konnte bei jeweils einer Parameterkombination der Grenzwert von 30 mm (bei starkem Angriffsgrad) nicht eingehalten werden. Darüber hinaus weisen die Ergebnisse darauf hin, dass ein hochwertiger konventioneller Beton – verglichen mit Hochleistungsbetonen – infolge einer geringen Wassereindringtiefe auch günstige Dauerhaftigkeitseigenschaften erwarten lassen kann. Die Grundlagen hierfür sind der verhältnismäßig geringe W/Z-Wert und eine effektive Verdichtung des Betons. Demgegenüber sind jedoch durch die Zugabe von Kunststoffdispersion noch Reserven bei der Verringerung der Wassereindringtiefe zu mobilisieren. Mit diesen Rezepturen kann z. B. gegenüber der Ausgangsrezeptur eine um ca. 50% geringere Wassereindringtiefe realisiert werden. Die porenreduzierende Funktion der Kunststoffdispersion ermöglicht dies ebenso wie der Zusatz von Microsilica.

Bild 6. Druck-
festigkeit ausge-
wählter Ver-
suchsbetone
Fig. 6. Compre-
ssive
strength of
selected test
concretes



In the test for water impermeability in accordance with DIN 1048 the maximum depth of water penetration lay below the limit of 50 mm (water-impermeable concrete complying with DIN 1045) for all mix formulations; all the concretes can therefore be classified as water-impermeable (Table 1). Some mix formulations, in each case with one parameter combination, were not able to meet the limit of 30 mm (for severe attack). The results also indicate that a high-grade conventional concrete – as compared with high-performance concretes – can also be expected to give favourable durability properties as a result of the low depth of water penetration. The reasons for this are the relatively low w/c ratio and the effective compaction of the concrete. On the other hand, the depth of water penetration can be reduced still further by the addition of synthetic dispersions. With these mix formulations it is possible, for example, to achieve a water penetration depth which is about 50% less than with the original mix formulation. As with the addition of microsilica this is achieved by the pore-reducing function of the synthetic dispersion.

Transferring the results from the laboratory trials to a pilot-scale pipe test stand

The pilot-scale trials were used primarily to examine whether the results obtained on a laboratory scale could be transferred to realistic conditions. The intention was therefore to investigate the workability, the vibration parameters to be implemented and, in particular, the fabrication of test pipes as part of this project. The investigations focused on

- ▶ the workability of the fresh concrete
- ▶ achievement of a high degree of compaction
- ▶ ensuring the green strength of the test pipes with immediate demoulding, and
- ▶ selected fresh concrete properties from drill cores.

The pipes produced in the pipe test stand in the research laboratory of the IFF Weimar e.V. (Fig. 7) were examined visually. The assessment included the condition of the surface (porosity), dimensional stability, green strength and freedom from cracks. Visual assessment showed that all pipes were dimensionally stable and had green strength. Their surfaces were closed, free from cracks and predominantly fine-pored.

The degrees of compaction shown in Fig. 8 (range from 0.975 to 0.99) show that good compaction was achieved and that the optimum working parameters had been chosen. Drill cores were taken from the finished test pipes after adequate hardening. These were tested by the FIB for durability. Fig. 9 shows an example of the partial view of a section (after hardening) through a freshly demoulded sample pipe with steel fibres.

The test results were transferred successfully from the laboratory scale to the pilot-scale pipe test stand. This was made possible through the results achieved systematically in the corresponding preliminary trials for optimizing the parameters of the mix formulation and the vibration, and also showed that with the appropriate scientific and practical knowledge and the necessary equipment it is possible to manufacture pipes and shafts from high-performance concrete and high-performance fibre concrete under reproducible conditions.

Transferring the results of the pilot-scale test series to industrial-scale production

The transfer to the industrial trial on a factory scale at Wesser Kies & Sand GmbH at the Polzig concrete plant was planned and implemented on the basis of the results and findings shown above and of the durability investigations by the FIB.

In this joint project this company had the requisite manufacturing plants, the experience in the manufacture of construction engineering elements and the necessary technical personnel from the start of the project. However, the results of the

Übertragung der Ergebnisse aus den Laborversuchen auf einen kleintechnischen Rohrversuchsstand

Die kleintechnischen Versuche dienten vor allem zur Untersuchung der Übertragbarkeit der im Labormaßstab gewonnenen Erkenntnisse auf praxisnahe Bedingungen. Im Rahmen dieses Projektes waren demgemäß die Verarbeitbarkeit, die zu realisierenden Vibrationsparameter und vor allem die Fertigung von Versuchsröhren zu untersuchen. Dabei standen

- ▶ die Verarbeitbarkeit des Frischbetons
 - ▶ das Erzielen eines hohen Verdichtungsgrades
 - ▶ die Sicherstellung der Grünstandfestigkeit der Proberöhre bei Sofortentschalung sowie
 - ▶ ausgewählte Festbetoneigenschaften an entnommenen Bohrkernen
- im Mittelpunkt der Untersuchungen.

Die am Rohrversuchsstand im Technikum des IFF Weimar e.V. hergestellten Röhre (Bild 7) wurden nach Augenschein begutachtet. In die Beurteilung einbezogen wurden Oberflächenbeschaffenheit (Porigkeit), Formstabilität, Grünstandfestigkeit und Rissfreiheit. Alle Röhre erwiesen sich augenscheinlich als formstabil und grünstandfest. Ihre Oberfläche war geschlossen, rissfrei und überwiegend feinporig.

Die in Bild 8 dargestellten Verdichtungsgrade (Bereich von 0,975 bis 0,99) zeigen, dass eine gute Verdichtung erreicht wurde und die gewählten Arbeitsparameter optimal waren.

Den gefertigten Proberöhren wurden nach ausreichender Erhärtung Bohrkern entnommen. An diesen wurden vom IIB Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit durchgeführt.

Das Bild 9 zeigt beispielhaft die Teilansicht eines Schnittes (nach Erhärtung) durch ein frisch entschaltetes Proberohr mit Stahlfasern.

Die Umsetzung der Versuchsergebnisse aus dem Labormaßstab wurde am kleintechnischen Rohrversuchsstand erfolgreich realisiert. Dies wurde auf der Basis der systematisch erzielten Ergebnisse in den entsprechenden Voruntersuchungen zur Optimierung der Rezeptur- und Vibrationsparameter möglich und zeigt zugleich, dass es mit dem entsprechenden wissenschaftlich-praktischen Wissen sowie den erforderlichen Ausrüstungen möglich ist, Röhre und Schächte aus Hochleistungs- und Hochleistungsfaserbeton unter reproduzierbaren Bedingungen herzustellen.

Überführung der Ergebnisse der kleintechnischen Versuchsserie in die großtechnische Produktion

Auf der Grundlage der oben dargestellten Ergebnisse und Erkenntnisse sowie der Dauerhaftigkeitsuntersuchungen des IIB wurde die Umsetzung in die großtechnische Erprobung im Werksmaßstab bei der Wesser Kies & Sand GmbH im Betonwerk Pölzig geplant und realisiert.

Diese Firma zeichnete sich in diesem Projektverbund dadurch aus, dass sie zu Projektbeginn über die notwendigen Fertigungsanlagen, Erfahrungen in der Herstellung von Tiefbauelementen und das notwendige Fachpersonal verfügte. Jedoch war aus den Ergebnissen der großtechnischen Vorversuche zu erkennen, dass die Fertigungsanlagen zur Sicherstellung der erforderlichen Vibrationsparameter umkonstruiert werden mussten. Anfänglich aufgetretene Schwierigkeiten (Bild 10) konnten durch technologische Veränderungen überwunden werden (Bild 11). Ausschlaggebend für die optimale Verarbeitung von Hochleistungsbetonen ist eine exakte Einhaltung des W/Z-Wertes, welcher über eine entsprechende Steuerung der Mischanlage realisiert werden konnte.

Als Ergebnis kann verzeichnet werden, dass bei der Herstellung von Schachtringen (Bild 13) und Röhren (Bild 14) mit Ausnahme der Rezeptur mit Kunststoffdispersion für alle untersuchten Rezepturen die Festigkeitsklasse B65 erreicht wurde. Alle her-



Bild 7. Fertiggestellter Rohrabschnitt nach dem Entformen
Fig. 7. Completed pipe section after demoulding

preliminary large-scale tests indicated that the manufacturing plants would have to be modified to ensure the requisite vibration parameters. Difficulties which occurred initially (Fig. 10) were overcome by process engineering changes (Fig. 11). Accurate maintenance of the w/c ratio, which could be achieved through appropriate control of the mixing plant, is crucial for optimum workability of high-performance concretes. As a result it can be recorded that during the manufacture of shaft rings (Fig. 13) and pipes (Fig. 14) the B 65 strength class was achieved by all the mix formulations investigated with the exception of the mix formulation with synthetic dispersion. All the components produced possessed green strength, had closed surfaces without blow holes and achieved parallelity and dimensional accuracy. High compaction values were achieved in every case when high-performance fibre concrete using steel fibres and synthetic fibres was processed mechanically.

The average compressive strength value was 80 N/mm² (Fig. 12).

The test for water impermeability was carried out on test pieces taken from the precast elements. As expected, the result of the water penetration depth averaging 18 mm fulfilled the requirement of DIN 1045 Section 6.5.7.5.0 (2) for a water penetration depth of less than 30 mm for concrete with high resistance to severe chemical attack.

The components were tested for water impermeability in accordance with DIN 4034. The values of 0,003 l/m² to 0,005 l/m² lay significantly below the limit of water addition of less than 0,07 l/m² wetted inner surface area (target value). Premature drying-out of the fresh concrete was prevented, and adequate hardening of the areas close to the surface was

Bild 8. Verdichtungsgrad von Versuchsröhren in Abhängigkeit von der Rezeptur
Fig. 8. Degree of compaction of test pipes as a function of the mix formulation

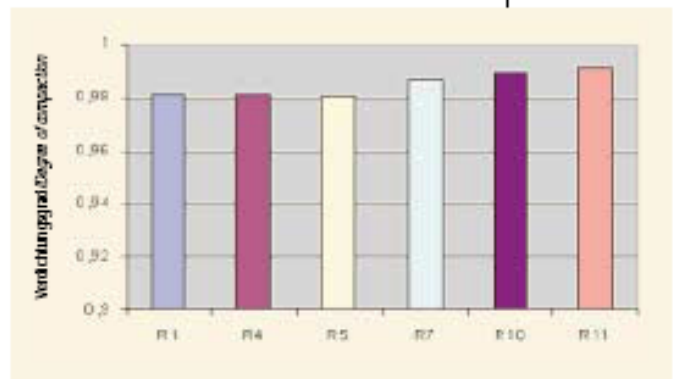




Bild 9. Schnitt durch ein Rohr aus Hochleistungsfaserbeton – Teilansicht
Fig. 9. Section through a pipe made of high-performance fibre concrete – partial view

gestellten Bauteile waren grünstandfest und wiesen geschlossene Oberflächen ohne Lunker auf; Parallelität und Maßhaltigkeit waren gegeben. Bei der maschinentechnischen Verarbeitung von Hochleistungsfaserbeton mit Einsatz von Stahlfasern und von Kunststofffasern wurden jeweils hohe Verdichtungswerte erzielt.

Die Druckfestigkeitswerte lagen im Mittelwert bei 90 N/mm² (Bild 12).

Die Prüfung der Wasserundurchlässigkeit (WU) wurde an Probekörpern, welche aus den Fertigteilen entnommen wurden, durchgeführt. Mit dem Ergebnis der Wassereindringtiefe im Mittelwert von 18 mm wurde erwartungsgemäß die Forderung der DIN 1045 Abs. 6.5.7.5.0 (2), Wassereindringtiefe < 30 mm für Beton mit hohem Widerstand gegen starken chemischen Angriff, erfüllt.

Die WU-Prüfung am Bauteil wurde entsprechend DIN 4034 durchgeführt. Dabei konnte der Grenzwert von Wasserzugabe < 0,07 l/m² benetzter Innenfläche (Soll) mit 0,003 l/m² bis 0,005 l/m² deutlich unterschritten werden.

Durch Nachbehandlung gemäß „Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton“ [16] wird ein vorzeitiges Austrocknen des Frischbetons verhindert sowie eine ausreichende Erhärtung der oberflächennahen Bereiche erzielt. Praxisrelevant kann die Nachbehandlung entweder durch Aufsprühen eines Nachbehandlungsmittels oder Lagerung der Rohre in Erhärtungskammern mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 65% und einer Temperatur von 20 °C erfolgen. Für die Versuchsproduktion wurden die frisch entschalteten Rohre durch Umwickeln mit Kunststoffolie nachbehandelt (Bild 14).

Bild 10. Betonelement vor Umbau des Fertigers
Fig. 10. Concrete element before modification of the finishing machine



achieved, by curing in accordance with the "Guidelines for curing concrete" [16]. In practice the curing can be carried out either by spraying on a curing agent or by storing the pipes in hardening chambers with a relative air humidity of 65% and a temperature of 20°C. For the trial production the freshly demoulded pipes were cured by wrapping them in plastic film (Fig. 14).

This shows that in the area investigated the results obtained on laboratory and pilot-plant scales could be transferred reproducibly to industrial-scale manufacture at the Pölzig concrete works of Weser Kies & Sand GmbH (Fig. 13 and Fig. 14).

Summary

The manufacture of concrete components from high-performance concrete and high-performance fibre concrete of stiff consistency is possible through careful matching of material, process engineering and mechanical parameters and the required product properties. In addition to specific properties which are dependent on the mix formulation two of the vibration compaction parameters, namely the excitation frequency and acceleration amplitude, have a crucial influence on the achievable degree of compaction of the concrete. This in turn, together with the concrete composition, also affect important properties, such as green compressive strength, compressive strength and water impermeability. The laboratory results can be transferred reproducibly both to pilot-scale test equipment and also to industrial-scale production. It is particularly important here to consider the economic aspects, in relation both to the raw materials and the production technology, so that marketable products can be produced.

Acknowledgement

Thanks are due here to the Thuringian Ministry for Science, Research and Art for its generous support of the research project (Grant No. B409-98014).

Bild 11. Betonelement nach Umbau des Fertigers
Fig. 11. Concrete element after modification of the finishing machine

Damit ist die reproduzierbare Übertragbarkeit der im Labor- und kleintechnischen Maßstab gewonnenen Erkenntnisse auf die großtechnische Fertigung bei der Wesser Kies & Sand GmbH, Betonwerk Pölzig, im untersuchten Bereich nachgewiesen (Bild 13 und Bild 14).

Zusammenfassung

Die Herstellung von Betonbauteilen aus Hochleistungs- und Hochleistungsfaserbeton mit steifer Konsistenz ist durch die sorgfältige Abstimmung von werkstofftechnischen, prozesstechnischen und maschinentechnischen Parametern sowie der gewünschten Produkteigenschaften möglich. Neben rezepturabhängigen Spezifika beeinflussen die Vibrationsverdichtungsparameter Erregerfrequenz und Beschleunigungsamplitude den erzielbaren Verdichtungsgrad der Betone maßgeblich. Dieser wiederum wirkt sich neben der Betonzusammensetzung ebenfalls auf wesentliche Eigenschaften wie z.B. Gründruckfestigkeit, Druckfestigkeit und Wasserundurchlässigkeit aus. Eine Übertragung von Laborergebnissen ist sowohl auf kleintechnische Versuchseinrichtungen als auch in den Produktionsmaßstab reproduzierbar möglich. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Beachtung wirtschaftlicher Aspekte, sowohl rohstoffseitig als auch produktionstechnisch, um marktfähige Produkte herstellen zu können.

Dietmar Weser, Juliana Kirrass, Hans-Georg Zeugner, Michael Kolodziej, Ines Döring

Danksagung

Dem Thüringer Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst wird an dieser Stelle für die großzügige Unterstützung des Forschungsvorhabens gedankt (Förderkennzeichen B409-98014).

Bild 13. Schächtring aus Hochleistungsbeton nach dem Entschalen
Fig. 13. Shaft ring made of high-performance concrete after demoulding

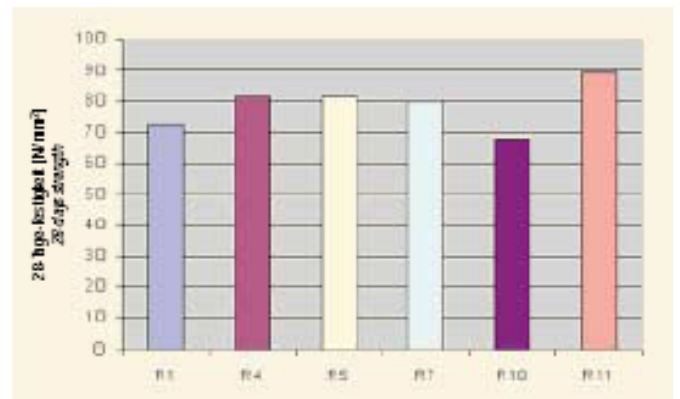


Bild 12. 28-Tage-Festigkeit - Herstellung von Schächterunterteilen
Fig. 12. 28-day strength - manufacture of shaft base sections

Bild 14. Nachbehandlung der frisch entschalteten Rohre im Werk
Fig. 14. Curing the freshly demoulded pipes at the works



ANEXO 12

COEFICIENTE DE PRESIÓN ACTIVA LATERAL

TABLA 7.14 Coeficiente K_a de presión activa lateral

$\phi =$	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	
$\beta = 0$	$\alpha = 0$	0.70	0.59	0.49	0.41	0.33	0.27	0.22
	$\alpha = 10^\circ$	0.97	0.70	0.57	0.47	0.37	0.30	0.24
	$\alpha = 20^\circ$	—	—	0.88	0.57	0.44	0.34	0.27
	$\alpha = 30^\circ$	—	—	—	—	0.75	0.43	0.32
	$\alpha = \phi$	0.97	0.93	0.88	0.82	0.75	0.67	0.59
$\beta = 10^\circ$	$\alpha = 0$	0.76	0.65	0.55	0.48	0.41	0.43	0.29
	$\alpha = 10^\circ$	1.05	0.78	0.64	0.55	0.47	0.38	0.32
	$\alpha = 20^\circ$	—	—	1.02	0.69	0.55	0.45	0.36
	$\alpha = 30^\circ$	—	—	—	—	0.92	0.56	0.43
	$\alpha = \phi$	1.05	1.04	1.02	0.98	0.92	0.86	0.79
$\beta = 20^\circ$	$\alpha = 0$	0.83	0.74	0.65	0.57	0.50	0.43	0.38
	$\alpha = 10^\circ$	1.17	0.90	0.77	0.66	0.57	0.49	0.43
	$\alpha = 20^\circ$	—	—	1.21	0.83	0.69	0.57	0.49
	$\alpha = 30^\circ$	—	—	—	—	1.17	0.73	0.59
	$\alpha = \phi$	1.17	1.20	1.21	1.20	1.17	1.12	1.06
$\beta = 30^\circ$	$\alpha = 0$	0.94	0.86	0.78	0.70	0.62	0.56	0.49
	$\alpha = 10^\circ$	1.37	1.06	0.94	0.83	0.74	0.65	0.56
	$\alpha = 20^\circ$	—	—	1.51	1.06	0.89	0.77	0.66
	$\alpha = 30^\circ$	—	—	—	—	1.55	0.99	0.79
	$\alpha = \phi$	1.37	1.45	1.51	1.54	1.55	1.54	1.51

TABLA 7.15 Ángulos de fricción interna y pesos específicos de suelos

Tipo de suelo	Densidad o consistencia	Ángulo de fricción interna ϕ , grados	Peso unitario w , lb/ft ³
Arena gruesa o arena con grava	Compacto	40	140
	Suelto	35	90
Arena media	Compacto	40	130
	Suelto	30	90
Arena limosa fina o limo arenoso	Compacto	30	130
	Suelto	25	85
Limo uniforme	Compacto	30	135
	Suelto	25	85
Arcilla-limo	Suave a mediana	20	90-120
Arcilla limosa	Suave a mediana	15	90-120
Arcilla	Suave a mediana	0-10	90-120

ANEXO 13

COEFICIENTE DE FRICCIÓN

COEFFICIENT OF FRICTION

The following friction coefficients shall be considered in calculating the sliding friction forces :

Concrete to Soil / Rock	0.30
Concrete to Steel	0.45
Steel to Steel	0.30
Steel to Teflon Plate	0.10
Brick Masonry on moist clay	0.33
Brick Masonry on dry clay	0.50
Brick Masonry on sand	0.40
Brick Masonry on gravel	0.60
Brick Masonry to Brick	0.70
Brick Masonry on rock	0.75
Granite on Granite	0.60
Limestone on Limestone	0.75
Cement Blocks on Cement Blocks	0.65
Cement concrete on dry clay	0.40
Cement concrete on wet clay	0.20
Cement concrete on wet sand	0.40
Cement concrete on dry sand	0.50 - 0.60
Cement concrete on dry gravel	0.50 - 0.60
Cement concrete on dry rock	0.60 - 0.70
Cement concrete on wet rock	0.50
Brick on Brick	0.65
Wood on Wood	0.48
Note: Friction is more on dry surfaces of the same material compared to wet surface.	

ANEXO 14

DISTINTIVOS DE PROTECCIÓN EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS

NORMALIZACION. Distintivos de protección en máquinas eléctricas	2
	44

DENOMINACION DEL TIPO DE PROTECCION EN MOTORES Y MAQUINAS ELECTRICAS

La denominación del tipo de protección que corresponde a una máquina eléctrica se hace poniendo a continuación de las letras IP unos números, cuyo significado es el que se señala a continuación.

<u>1ª cifra característica</u>	<u>2ª cifra característica</u>
<u>Protección contra los contactos y la penetración de cuerpos sólidos, según IEC, NFC, DIN</u>	<u>Protección contra la penetración de líquidos según IEC, NFC, DIN</u>
<u>0 No protegido</u>	<u>0 No protegido</u>
<u>1 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 50 mm.</u>	<u>1 Protegido contra las caídas verticales de gotas de agua</u>
<u>2 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 12 mm.</u>	<u>2 Protegido contra las caídas de agua verticales (ángulo máx. 15°)</u>
<u>3 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 25 mm</u>	<u>3 Protegido contra el agua de "lluvia"</u>
<u>4 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm.</u>	<u>4 Protegido contra las proyecciones de agua</u>
<u>5 Protegido contra el polvo</u>	<u>5 Protegido contra el lanzamiento de agua</u>
<u>6 Totalmente protegido contra el polvo</u>	<u>6 Protegido contra los "golpes de mar"</u>
	<u>7 Protegido contra los efectos de inmersión</u>
	<u>8 Protegido contra la inmersión prolongada</u>

Ejemplo: En la placa de características de un motor se lee. IP54. Determinar el grado de protección.
(5) Protegido contra polvo
(4) Protegido contra proyecciones de agua

OTROS INDICATIVOS DE PROTECCION

- Exe — Seguridad aumentada
- Exi — Seguridad intrínseca
- Exd — Seguridad antideflagrante
- Ex — Antiexplosivo

ANEXO 15

ACEITE HIDRÁULICO ISO 68

PROQUIMSA LTDA.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES (MSDS)

I. INFORMACION DEL PRODUCTO Y LA COMPAÑIA

NOMBRE DEL PRODUCTO: ACEITE HIDRAULICO 68 SP
TIPO DE PRODUCTO: Aceite para Sistemas Hidráulicos
FAMILIA DE PRODUCTO: Aceites Lubricantes
CLASIFICACION: ISO 68
OTRAS REGULACIONES: N.A.
NOMBRE LA DE COMPAÑIA: C.I. PROQUIMSA LTDA.
DIRECCION: Carrera 19 # 72-46 B. La Libertad, Barrancabermeja, Colombia
TELEFONO: 57 7 6202348-6202356 FAX: 57 7 6228594.
E-MAIL: calidad@proquimsalubricantes.com
USO DEL PRODUCTO: Para lubricación de sistemas hidráulicos de transmisión de potencia.

IMPORTANTE: Lea esta MSDS antes de manejar o desechar este producto y haga disponible esta información a sus empleados, clientes y usuarios de este producto.

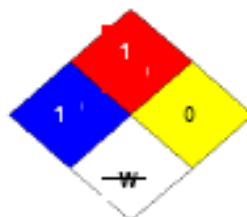
II. INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES

NOMBRE DE LOS COMPONENTES	No. CAS	CONCENTRACIÓN (%)
Destilados, petróleo, parafínico medio hidrotornado	---	90 -100%
Alquilditiofosfato de Zinc	68649-42-3	0 - 1%
Copolímero de ester alquil dicarboxílico	---	0 - 2%
Poliisobutilenos	9003-27-4	0 - 2%

III. IDENTIFICACION DE RIESGOS

CLASIFICACION DE RIESGOS EN CASO DE EMERGENCIA (NFPA)

INDICE DE RIESGO (NFPA)
INFLAMABILIDAD= 1
SALUD=1
ESPECIAL= -W-
REACTIVIDAD= 0



VIA PRINCIPAL DE ENTRADA: Contacto con la Piel

EFFECTOS INMEDIATOS PARA LA SALUD

Ojos: Puede causar irritación leve transitoria.

Piel: Este material puede causar irritación leve en la piel por contacto prolongado y repetido o dermatitis. El contacto de la piel con el material caliente puede dar lugar a quemaduras severas.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES (MSDS)

Ingestión: No se anticipa que sea dañino si se traga.

Inhalación: No se espera que ocurran efectos significativos a la salud adversos en períodos cortos de exposición a temperatura ambiente.

IV. MEDIDAS PARA PRIMEROS AUXILIOS

Tomar las precauciones adecuadas para asegurar su propia salud y seguridad antes de intentar un rescate o proveer primeros auxilios. Para información más específica, remítase a la sección 8. Controles de Exposición y Protección Personal de esta MSDS.

Ojos: A modo de precaución, quítese los lentes de contacto, si los trae puestos y lávese los ojos con agua. Si la irritación persiste solicitar asistencia médica.

Piel: A modo de precaución, quítese la ropa y los zapatos si resultan contaminados. Para quitarse la sustancia de la piel, use agua y jabón. Deseche la ropa y los zapatos contaminados o límpielos a cabalidad antes de volverlos a usar. Si la irritación persiste solicitar asistencia médica.

Ingestión: No induzca el vómito. Enjuague la boca con agua. A modo de precaución, procure asesoramiento médico.

Inhalación: Si ha sido expuesta a niveles excesivos de la sustancia en el aire, traslade a la persona expuesta al aire fresco. Procure atención médica si sobreviene tos o molestia al respirar.

V. MEDIDAS CONTRA INCENDIO

MEDIDAS DE EXTINCIÓN: Utilizar Polvo Químico Seco, espuma, dióxido de carbono o neblina de agua. Tenga cuidado al aplicar el dióxido de carbono o gas inerte en espacios confinados. No usar un chorro directo de agua para evitar que el producto flote y vuelva a prender sobre la superficie.

PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN RIESGOSOS: Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono, Humo, Gases, Hidrocarburos no quemados y óxidos de azufre y/o nitrógeno.

MEDIDAS ESPECIALES: N.A.

PROPIEDADES INFLAMABLES:

Punto de Inflamación: (Método Cleveland de Copa Abierta) 250 °C (482 °F) (Min)

Temperatura de Autoignición: No Hay Datos Disponibles

Límites de Inflamabilidad (Explosivos) (% por volumen en aire): Inferior: NO CORRESPONDE Superior: NO CORRESPONDE.

VI. MEDIDAS CONTRA DERRAMES O FUGAS ACCIDENTALES

Tomar precauciones adecuadas para proteger su salud propia y seguridad antes de intentar limpiar o controlar un derrame. Para información específica, remítase a Controles de Exposición y Protección Personal en la sección 8 y consideraciones sobre la disposición final en la sección 13 de esta MSDS.

MEDIDAS PERSONALES: Ropa de trabajo, protector respiratorio con cartucho para vapores orgánicos, calzado de seguridad, gafas y guantes.

PRECAUCIONES PARA EL MEDIO AMBIENTE: No permitir que entre en el alcantarillado público ni en cursos de agua.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES (MSDS)

ELIMINACION Y LIMPIEZA: Retirar por medios mecánicos teniendo precaución de no resbalar y colocar en los tanques de residuo para disposición posterior.

DERRAMES PEQUEÑOS: Absorba o cubra con tierra seca, arena u otro material absorbente no combustible y colóquelo en los tanques de residuo para disposición posterior.

DERRAMES GRANDES: Avisar a la brigada de emergencia, eliminar cualquier fuente de ignición. Ventilar el área con dispositivos a prueba de explosión.

VII. INFORMACION DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO

MANIPULACION

En el trasvase utilizar guantes. Manténgalo fuera del alcance de los niños. Los recipientes vacíos deben ser drenados completamente.

CONDICIONES ESPECÍFICAS

Información sobre su Manejo en General: Evite contaminar la tierra o echar esta sustancia en los sistemas de desagüe o en los cuerpos de agua.

Advertencias Acerca de los Recipientes: No suelde, caliente o perforo el recipiente. No tire el aceite usado al drenaje o al suelo y evite quemarlo.

ALMACENAMIENTO: Mantener cerrados los tambores y baldes. Almacene en un área fresca con buena ventilación. No almacenar con agentes oxidantes fuertes. No almacenar a temperaturas elevadas. No almacenar a la luz directa del sol por largos períodos de tiempo. Consulte las autoridades locales antes de reutilizar, de reacondicionar, de reciclar o disponer en los envases vacíos.

Temperatura y productos de descomposición: N.A.

Reacciones Peligrosas: Material Combustible.

Condiciones de Almacenamiento: Guardar el producto en recipientes cerrados y etiquetados bajo sombra, en áreas ventiladas, limpios y bien tapados para contrarrestar su contaminación.

Materiales Incompatibles: N.A.

VIII. CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

Protección para el cuerpo: Utilizar ropas limpias, la ropa protectora debe incluir ropa de manga larga y/o delantal. Si ocurre contacto significativo, retirar la ropa contaminada inmediatamente y ducharse a la mayor brevedad posible. Lavar la ropa contaminada antes de usarla nuevamente o desecharla. Utilizar botas protectoras y ropa protectora adecuada.

Protección Respiratoria: Máscara de protección respiratoria.

Protección Ocular: Gafas de Seguridad.

Protección Cutánea: Guantes de camaza o nitrilo.

Otras Protecciones: N.A.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES (MSDS)

PRECAUCIONES GENERALES:

Prácticas higiénicas en el trabajo: Seguir las medidas de cuidado e higiene de la piel, lavando simplemente con agua. NO DEBE utilizarse gasolina, kerosene y solventes abrasivos severos como limpiadores de piel.

IX. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Atención: Los datos que aparecen a continuación son valores típicos y no constituyen una especificación.

PROPIEDADES	VALOR TÍPICO
Estado físico :	Aceite
Color :	Ámbar
Olor:	Característico
Punto de inflamación °C:	>250
Viscosidad cSt:	68 cSt @ 40°C (104°F)

X. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad Química: Esta sustancia se considera estable.

Condiciones que deben evitarse: Mantenerse alejada del calor extremo, de las chispas, llama abierta y de condiciones oxidantes.

Incompatibilidad con Otros Materiales: Puede reaccionar con los ácidos fuertes o los agentes oxidantes potentes, tales como cloratos, nitratos, peróxidos, etc.

Productos Peligrosos de la Descomposición: Monóxido de Carbono, Sulfuro de Hidrógeno, Óxidos Nitrosos y compuestos orgánicos sin identificar pueden formarse dentro de la combustión.

Polymerización Peligrosa: No experimentará polimerización peligrosa.

XI. INFORMACION TOXICOLOGICA

EFFECTOS INMEDIATOS PARA LA SALUD

Iritación ocular: El riesgo de irritación ocular aguda se basa en la evaluación de datos de sustancias o componentes de productos similares.

Iritación de la Piel: El prolongado contacto con la piel provoca su desengrase, causando irritación y en algunos casos dermatitis.

Inhalación: El riesgo de toxicidad aguda por inhalación se basa en la evaluación de datos de sustancias o componentes de productos similares.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES (MSDS)

INFORMACIÓN ADICIONAL DE TOXICOLOGÍA:

Este producto contiene aceites con base de petróleo que se pueden refinar mediante varios procesos incluyendo extracción severa por disolvente, hidrocrackeo severo o hidrot ratamiento severo.

XII. INFORMACION ECOLOGICA

Ecotoxicidad: No hay datos disponibles.

No se ha evaluado la toxicidad de esta sustancia para los organismos acuáticos. Consecuentemente, esta sustancia se debe mantener fuera de los alcantarillados, de los sistemas de desagüe y de todos los cuerpos de agua.

XIII. CONSIDERACIONES SOBRE LA DISPOSICION FINAL

Las características de riesgo y la clasificación regulatoria de los desechos pueden cambiar con el uso del producto. De acuerdo con esto, es responsabilidad del usuario determinar la metodología apropiada para el almacenaje, transporte, tratamiento y/o desecho de los materiales usados y residuos en el momento de su disposición final.

Las condiciones de uso pueden ocasionar que este material se convierta en un "desecho peligroso", tal como lo define la reglamentación. Los tambores y baldes contienen residuos. NO SE DEBE presurizar, cortar, soldar, perforar, amolar o exponer los recipientes vacíos de este producto al calor, llamas u otra fuente de ignición.

XIV. INFORMACION SOBRE EL TRANSPORTE

La descripción que aparece tal vez no sea aplicable a todas las situaciones de los envíos. Consulte los correspondientes Reglamentos para Artículos Peligrosos con el fin de buscar requisitos adicionales para la descripción (por ejemplo, el nombre técnico) y requisitos de envío específicos en cuanto a la modalidad o a la cantidad.

Descripción de Embarque del DOT (Department of Transportation): NO REGULADO NI CONSIDERADO COMO MATERIAL PELIGROSO.

Información adicional: NO PELIGROSO DE ACUERDO CON DOT (Departamento de Transporte de los EE.UU.) CLASE DE PELIGRO ADR/RID NO CORRESPONDE.

Nombre correcto para el transporte: No Regulado

Clasificación de Riesgo: No regulado

Numero ONU/NA: No regulado



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES (MSDS)

XV. INFORMACION REGLAMENTARIA

CLASIFICACION:

Según las normas CE y la legislación nacional, el producto no requiere etiqueta.

Inventario TSCA: Este producto y/o sus componentes están en la lista del inventario de la ley de sustancias tóxicas (Toxic Substance Control Act o TSCA).

Acta Limpia del Agua (CWA): Se clasifica este material como un aceite bajo la sección 311 del acta limpia de agua (Clean Water Act) y del acta de la contaminación por petróleo de 1.990 (Oil Pollution Act, OPA). Descarga o derramamientos que producen un brillo visible en las aguas o en los conductos que conducen a las aguas superficiales se deben divulgar a la entidad del medio ambiente más cercana.

XVI. OTRA INFORMACION

Este producto debe ser almacenado, manipulado y empleado de acuerdo con las normas y prácticas de la higiene industrial y de acuerdo con cualquiera de las legislaciones vigentes.

La información que se incluye está basada en los conocimientos que tenemos actualmente y cuyo objetivo es la descripción de nuestros productos desde el punto de vista de los requisitos de seguridad. No garantiza ninguna propiedad específica.

La información que se suministra en este documento se ha recopilado en base a las mejores fuentes existentes y de acuerdo con los últimos conocimientos disponibles y con los requerimientos legales vigentes sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas. Esto no implica que la información sea exhaustiva en todos los casos. Es responsabilidad del usuario determinar la validez de esta información para su aplicación en cada caso. Si el producto se utiliza como componente de otro producto, la información de esta MSDS quizá no sea aplicable.

Las condiciones o métodos para el manejo, almacenaje, uso y disposición final del producto están fuera de nuestro control y pueden estar fuera del alcance de nuestro conocimiento. Por esta y otras razones, no asumimos responsabilidad y desconocemos expresamente la responsabilidad.

ANEXO 16

PLC FP4020MR – L0808R

RENU Electronics Pvt. Ltd

Front view
16x2 Multicolor Backlight LCD



Back view for HMI with built-in I/O



Back view for HMI



Salient Features :-

- 16 x 2 text Multicolor Backlight LCD
- Only HMI or Integrated Digital Inputs and Outputs options available
- Support for Digital I/O (OC / Relays)
- High Speed Counters and Timers
- Ladder editor with powerful instruction set
- Support for RTC, Recipes, Alarms (Real Time & Historical) and Bargraph
- Communication Ports:
One serial port to connect PLC at RS232 / 422 / 485 levels / Printer / Programming Port
One USB (device) port as Programming Port
- User defined Function keys to support various tasks
- Numeric Keypad for easy data entry
- IP65 design. CE, UL approved
- Common Programming software for the entire FlexiPanels™ family.....FREE!!



Operations :-

The FlexiPannels™ support Operator interface as well as Programmable Logic Controller features. The user can implement logic, specific to application using standard Ladder programming. A PLC logic block can be executed at power up, during every scan, upon receiving an interrupt on specific I/O pins or upon a timer interrupt. The FlexiPannels™ operator interface functions revolve around Screens and Tasks that can be assigned to screens and application.

Digital I/O

FP4020 model can have up-to 08 digital inputs integrated to the unit. Digital inputs are high impedance 24 VDC. The unit can also have up-to 08 digital outputs. Outputs could be either relay (NO) or transistor outputs (NPN / PNP).

Function Keys

FP4020 has 06 function keys with built-in LEDs. These function keys are screen dependent Function Keys. User can assign any application related task / actions to these function keys. The function keys are independent of Numeric keypad. User can assign tasks to numeric keys also and use them as function keys, if required.

Alarms

Real time and historical Alarms can be defined in FlexiPannels™. User-friendly Alarm object can be defined on the display. Alarms can be real time or historical. Keys can be assigned to acknowledge Alarm, view and scroll.

Recipes

Recipes data is stored in the FlexiPannels™ memory. With one button stroke, a set of data can be downloaded to the PLC. Once in the local memory, the recipes data can be edited using simple data entry objects.

RTC

FlexiPannels™ have built-in RTC support. The user can use RTC for any real time based application.

High Speed Counters

FlexiPannels™ with I/O support High Speed Counter inputs up-to 25 KHz. These High Speed Counter inputs can be used for applications such as Rate Measurement, Speed Measurement, Totalizer, etc. The user can define up-to 2 High Speed inputs.

Ladder Support

FlexiPannels™ support ladder functionality. User can define logic in the unit using FlexiSoft™ configuration software. The execution of ladder could be through communication port or through I/O. Only HMI version of FlexiPannels™ also support ladder functionality. It is used for critical applications where data is processed before sending it to controller.

The FlexiLogics™ support following different types of instructions :

I/O Instructions -

NO contact	NC contact	Output
Falling Edge	Rising Edge	Inverter
Inverter Coil	Positive Pulse Contact	Negative Pulse Contact
Positive pulse coil	Negative Pulse Coil	

Data Transfer -

MOV word	MOV DWORD	Invert Transfer
Table Initialize	Table Block Transfer	Table Invert Transfer
Data Exchange	Multiplexer	Demultiplexer

Math-

Addition	Subtraction	Multiplication
Division	Addition with Carry	Subtraction with Carry
Increment	Decrement	

Compare -

Greater than	Greater than or equal	Equal
Not Equal	Less Than	Less than or Equal

Logic -

AND	OR	XOR
Shift	Rotate	

Data Conversion -

Hex to Ascii	Ascii to Hex	Absolute Value
7 segment decode	Ascii conversion	Binary Conversion
BCD conversion	2's complement word	2's complement Double word

Timer -

TON	TOFF	TSS
-----	------	-----

Counter-

Up counter	UP Down Counter
------------	-----------------

Program Control -

Subroutine CALL	Subroutine RET	For
Next	Master Control Set	Master Control Reset
Jump Control Set	Jump Control Reset	En Inlr
Dis Inlr	DT	Step sequence Init
Step sequence Input	Step sequence output	

Function -

Moving Average	Digital Filter	PID1,4
Upper limit	Lower limit	Function generator
Average Value	Maximum Value	Minimum Value

Special -

Device Set	Device Reset	Register Set
Register Reset	Set Carry	Reset Carry
Encode Decode	Bit Count	Flip Flop
Direct I/O	Set Calendar	Calendar Operation

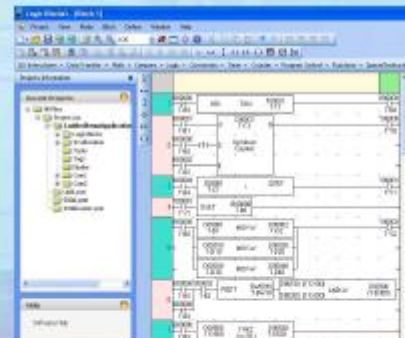
The execution of ladder logic is in microseconds. Ladder monitoring for debugging is also supported in FlexiSoft™ configuration software.

Communication Ports

FP4020 has one serial communication port that supports RS232 / 422 / 485 levels. Serial port can be used for programming of FlexiPannels™, printing screens (only text), connecting to third party serial devices (Barcode readers, Temp scanners, Energy meters etc.) or to connect to a PLC or drive. FP4020 also has one USB (Device port). The USB port can be used as a programming port or for ladder monitoring.

Configuration Software

FlexiSoft™ is a compact Windows® based software to configure the FlexiPannels™ units. User friendly configuration tools and easy approach, helps user create applications quickly and easily.



To get started with FlexiPannels™, user needs:

1. FlexiPannels™ unit
2. FlexiSoft™ Software
3. IBM Cable (Part codes: IBM 0909-1-00 or IBM 0925-1-00)

OS requirements for FlexiSoft™ are:

Windows Version : Microsoft Windows® 2000 or above

Supported Task in FlexiPanels™ are :-

Task	Type	Power up	Global	Screen			Key/button		
				Before showing	While showing	After hiding	Press	While Pressed	Release
Go to screen		✓	×	✓	×	✓	✓	×	✓
Go to next screen		✓	×	✓	×	✓	✓	×	✓
Go to previous screen		✓	×	✓	×	✓	✓	×	✓
Write value to tag		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Add constant to tag		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Subtract constant from tag		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Add tag B to Tag A		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Subtract tag B from Tag A		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Turn bit ON		✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓
Turn bit OFF		✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓
Toggle bit		✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓
Copy Tag B to Tag A		✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓
Swap Tag A and tag B		✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓
Print Data		×	×	×	×	×	✓	×	✓
Set RTC		×	×	×	×	×	✓	×	✓
Copy tag to STR		✓	✓	✓	×	✓	✓	×	✓
Copy tag To LED		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Delay		×	×	×	✓	×	×	×	×
Wait		×	×	×	✓	×	×	×	×
Copy HMI block to HMI/PLC block		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Copy HMI/PLC block to HMI block		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Copy RTC to PLC block		×	✓	×	×	×	×	×	×
GoTo Popup screen		×	×	×	×	×	×	×	×
Keys Specific Tasks		×	×	×	×	×	×	×	×
USB Data Log Upload		×	×	×	×	×	×	×	×

Protocols Supported for:-

Driver	FP4020
ABB	✓
Allen Bradley DF1	✓
Aromat FP Series	✓
Baldor	✓
Danfoss Drive	✓
Delta	✓
Fatek	✓

Driver	FP4020
GE Fanuc	✓
GE SNP-X	✓
Idec	✓
LG Master K series	✓
LG Master-K 300S	✓
Mitsubishi FX	✓
Modbus master	✓

Driver	FP4020
Modbus slave	✓
Serial Monitor	✓
Toshiba Inverters	✓
Toshiba T1	✓
Toshiba T2 Link port	✓
Twido	✓
Unitelway	✓
Universal Serial (ASCII)	✓

Specifications :-

Power	: + 24V DC \pm 10%, 2 W Max
Bezel	: IP 65 rated Keypad
Operating Temperature	: 0° to 50°C
Storage Temperature	: -20° to 80°C
Humidity	: 10% to 85% (Non condensing)
Communication Port	: One serial port (RS232 / RS422 / RS485 levels supported)
USB Device Port	: As programming and monitoring port
Type of LCD	: Text Multicolor Backlight LCD
LCD Life	: 50000 hrs at 25°C
Isolation	: Isolation between communication ports, power and I/O (if applicable) is 500 V DC for 1 Min.
Immunity to ESD	: as per IEC61000-4-2
Immunity to Fast Transients	: as per IEC61000-4-4
Immunity to Radiated electromagnetic field	: as per IEC61000-4-3
Immunity to Conducted disturbances	: as per IEC61000-4-6
Surge	: as per IEC61000-4-5
Radiated emission	: as per EN55011

Digital Inputs Rated Input Voltage

Rated Input Voltage	For Normal Input 24 VDC (Max is 28 VDC)	For High Speed 24 VDC (Max is 28 VDC)
Impedance	4.7 k	2.3 k

Logic '0' Voltage	: 0 to 5 V
Logic '1' Voltage	: 14 to 28 V

Rated Input Current at (24 VDC)

	For Normal Input	For High Speed
Rated Input Current	4.89 mA	10 mA

Digital Outputs (Open Collector)

Maximum Load current	: 500 mA NPN or PNP; Short circuit protected
Voltage drop at ON	: 0.4 V or less

Digital Outputs (Relay)

Relay Rating	: 230 V AC, 2 Amp. (Max) 5 Amp per common
--------------	--

Model Comparison :-

Product	Model	Display	Keys	Memory	PLC Steps	Screen Memory	Logging Memory	Local I/O	Expansion	Serial Ports **	USB	RTC	Power Consumption	Dimensions (a x b x c)	Weight
FP4 020	FP40 20 MR-L080 8P	16x2 Text Multicolor backlight	18	512 k	10 k	84 kB	NA	8 DC in 8 PNP 0.5A	No	1	Device	Yes	2 W	Drawing A	215 gms.
	FP40 20 MR-L080 8N	16x2 Text Multicolor backlight	18	512 k	10 k	84 kB	NA	8 DC in 8 NPN 0.5A	No	1	Device	Yes	2 W	Drawing A	215 gms.
	FP40 20 MR-L080 8R	16x2 Text Multicolor backlight	18	512 k	10 k	84 kB	NA	8 DC in 6 Relays 2A 2 NPN 0.5A	No	1	Device	Yes	2 W	Drawing A	220 gms.
	FP4 020 MR	16x2 Text Multicolor backlight	18	512 k	10 k	84 kB	NA	NA	NA	1	Device	Yes	2 W	Drawing B	172 gms.

** Universal Serial Port supporting RS232/RS422/RS485

Supported Printers :-

FlexiPanels™ support following Dot matrix serial printers:

- > EPSON
- > SAMSUNG
- > TVS



Dimensions :-



Please contact factory for more information. We welcome an opportunity to develop new custom drivers and customized units.



Survey No. 2/6, Baner Road, Pune - 411045, India
Tel : (020) 2729 2840
Fax : (020) 2729 2839
Email : info@renuelectronics.com
Website : www.renuelectronics.com



(Specifications subject to change without prior notice. DS-FP4020, Rev F)

ANEXO 17

CALIBRE DE CONDUCTORES

THHN Flex

ALAMBRES Y CABLES DE COBRE TIPO THHN 600 V - 90°C

CALIBRE	CONDUCTOR				ESPESOR DE AISLAM.	ESPESOR CHAQUETA NYLON	DIAMETRO EXT. APROX.	PESO TOTAL APROX.	CAPACIDAD CONDUCCION	
	# HILOS	SECCION APROX.	DIAMETRO APROX.	PESO APROX.					*	**
AWG o MCM		mm	mm	Kg/Km	mm	mm	Kg/Km	Amp	Amp	
14	1	2.08	1.63	18.5	0.38	0.10	2.59	22.7	25	35
12	1	3.31	2.05	29.4	0.38	0.10	3.01	34.5	30	40
10	1	5.26	2.59	46.8	0.51	0.10	3.81	54.9	40	55
8	1	8.37	3.26	74.4	0.76	0.13	5.03	89.9	55	80
14	7	2.08	1.88	19.0	0.38	0.10	2.84	24.4	25	35
12	7	3.31	2.36	30.3	0.38	0.10	3.32	36.8	30	40
10	7	5.26	2.97	48.2	0.51	0.10	4.19	58.8	40	55
8	7	8.37	3.70	75.9	0.76	0.13	5.47	95.8	55	80
6	7	13.3	4.65	120.6	0.76	0.13	6.42	144.6	75	105
4	7	21.12	5.88	191.5	1.02	0.15	8.21	231.9	95	140
2	7	33.54	7.41	304.1	1.02	0.15	9.74	353.3	130	190
1/0	19	53.52	9.45	485.3	1.27	0.18	12.35	559.5	170	260
2/0	19	67.35	10.65	610.7	1.27	0.18	13.55	693.1	195	300
3/0	19	84.91	11.95	770.0	1.27	0.18	14.85	891.3	225	350
4/0	19	107.4	13.40	974.0	1.27	0.18	16.30	1075.2	260	405
250	37	126.4	14.55	1157.1	1.52	0.20	18.01	1287.2	290	455
300	37	151.9	15.95	1390.4	1.52	0.20	19.41	1531.7	320	505
350	37	177.3	17.23	1623.3	1.52	0.20	20.69	1774.8	350	570
400	37	203.2	18.45	1860.6	1.52	0.20	21.91	2021.9	380	615
500	37	252.9	20.65	2315.6	1.52	0.20	24.11	2494.6	430	700
600	61	303.20	22.68	2776.1	1.78	0.23	26.70	3003.4	475	780
700	61	354.0	24.43	3241.0	1.78	0.23	28.45	3484.4	520	855
750	61	380.8	25.34	3453.1	1.78	0.23	29.36	3704.9	535	885
800	61	404.3	26.11	3666.2	1.78	0.23	30.13	3925.1	555	920
1000	61	507.7	29.26	4604.1	1.78	0.23	33.28	4892.0	615	1055

ESPECIFICACIÓN:
COVENIN 397 (Cableado), UL-62 (Sólido)

APLICACIÓN:
En sistemas de alambrado eléctrico, en edificaciones industriales, conexiones de tableros de control donde el voltaje no sea superior a 600V, ambientes secos y una temperatura máxima de servicio de 90°C (194°F). La cubierta protectora de nylon es resistente a la abrasión y facilita a la introducción de ductos, tienen alta resistencia a los ácidos, álcalis, agentes químicos, aceites, gasolina, grasa y llamas.

AISLANTE:
Cloruro de polivinilo (PVC) de 90°C (194°F) resistente a la humedad, no propaga la llama.

CHAQUETA:
Nylon cristal deslizante y resistente a aceites, gasolina y químicos.



ANEXO 18

FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO DE ALIMENTACIÓN A MOTORES DE RÉGIMEN NO PERMANENTE

Servicio	Tiempo de operación			
	5 minutos de operación	15 minutos de operación	Entre 30 y 60 minutos de operación	Más de 60 minutos de operación
Periodo corto	1,10	1,20	1,50	Na
Intermitente	0,85	0,85	0,90	1,40
Periódico	0,85	0,90	0,95	1,40
Variable	1,10	1,20	1,50	2,00

Fuente: Norma NCH 4/2000 en discusión.

ANEXO 19

PROTECCIONES MAGNÉTICAS

T-solution Leader in Electrics & Automation

Miniature Circuit Breakers & Residual Current Devices

BKP / BKN / BKN-b / BKH / BF / RKP / RKN /
32KGR / BKD / BKD / Fb / BS & GR



Electric Equipment

LS Industrial Systems

New Name of  LG Industrial Systems

General characteristics

General description for residential breakers

Miniature Circuit Breakers

DIN rail mounting

45mm slot size
17.8mm width per pole

Type BKN-b

IEC60898 type MCB
1 to 4pole up to 63A & 10kA



see details (p. 20)

Type BKN

IEC60898 type MCB
1 to 4pole up to 63A & 6kA



see details (p. 13)

Bolt on

50mm slot size
60mm depth



see details (p. 34)

Type BF

American type MCB
1 to 3pole up to
100A & 10kA (BF-a)
100A & 5kA (BF-c)
50A & 2.5kA (BF)
100A & 10kA
(BFa-LUG; 3 pole only)



see details (p. 32)

Type ABS-Fb

IEC type MCCB
2 & 3pole up to
100A & 10kA

Bolt on

36mm slot size
42mm depth



see details (p. 38)

Type BS

Economic type MCCB
2 & 3pole up to 30A
& 1.5kA

Plug in

56mm slot size
60mm depth



see details (p. 36)

Type BF-Plug

1 to 3pole up to
50A, 10kA
Connection by
lug terminal

Residual Current Circuit Breakers



see details (p. 30)

Type RKN

EC1008 type RCCB
2 & 4-pole up to 63A
 $I_{\Delta n}$ =30, 100, 300mA



see details (p. 28)

Type KGR

Electronic type RCCB
2-pole up to 30A, 1.5kA
 $I_{\Delta n}$ =30mA



see details (p. 32)

Type EBS-Fb

Electronic type RCCB
2 & 3-pole up to 100A, 10kA
 $I_{\Delta n}$ =30, 100mA



see details (p. 36)

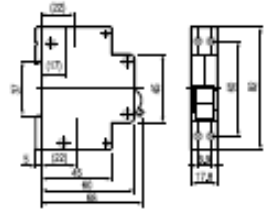
Type GR

Electronic type RCCB
2 & 3-pole up to 30A, 2.5kA
 $I_{\Delta n}$ =30mA


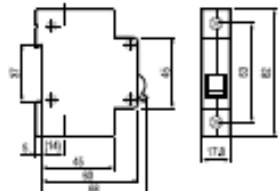
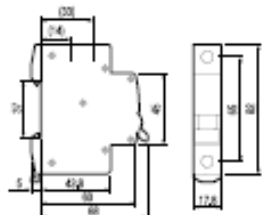
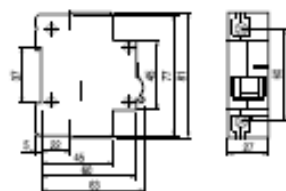


Miniature circuit breakers



1, 2, 3 and 4 pole series up to 125AF

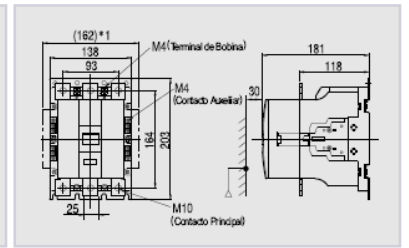
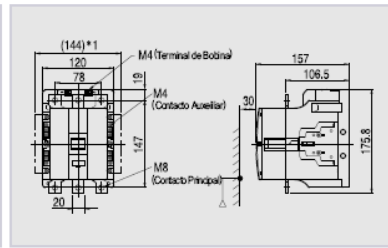
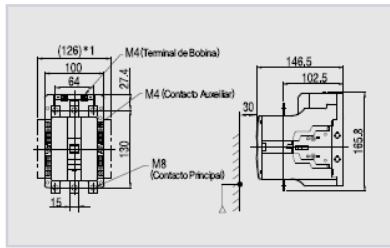
Type	BKP
Protection	Overload and short circuit
Rated current	3, 6, 10, 16, 20, 25, 32A
Characteristic	B, C, D curve
Number of poles	1p+N
Breaking capacity	3kA at 230VAC
1A	
2A	
3A	
4A	
6A	
10A	
16A	
20A	
25A	
32A	
40A	
50A	
63A	
80A	
100A	
125A	
Standard	IEC 60898
Type of trip	Thermal magnetic release
Electrical endurance	20000 operations
Mount	On 35mm DIN rail
Width	9mm per pole
Terminal	Lug type (cable up to 10mm ²)
Auxiliary switch, AX Optional	
Dimension	
Characteristic curve	See page 41


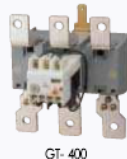



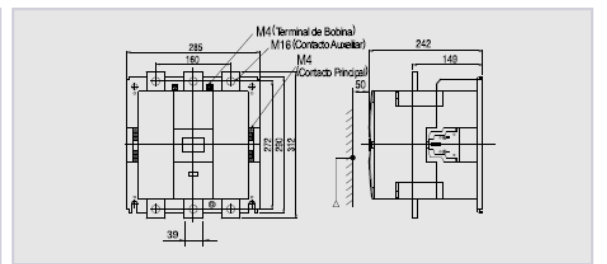
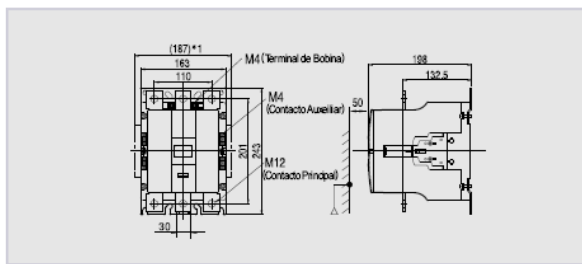
BKN		BKN-b		BKH	
Overload and short circuit		Overload and short circuit		Overload and short circuit	
BKN: 1, 2, 3, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63A		1, 2, 3, 4, 6, 10, 20, 25, 32, 40, 50, 63A		63, 80, 100A, 125A	
B, C, D curve		B, C, D curve		C, D curve	
1p, 1p+N, 2p, 3p, 3p+N, 4p		1p, 1p+N, 2p, 3p, 3p+N, 4p		1p, 2p, 3p, 3p+N, 4p	
1pole	2-4pole	1pole	2-4pole	1pole	2-4pole
6kA at 230/400VAC	6kA at 400VAC	10kA at 230/400VAC	10kA at 400VAC		
				10kA at 230/400VAC	10kA at 400VAC
IEC 60898		IEC 60898		IEC 60947-2	
Thermal magnetic release		Thermal magnetic release		Thermal magnetic release	
6000 operations		8000 operations		6000 operations	
On 35mm DIN rail		On 35mm DIN rail		On 35mm DIN rail	
17.8mm per pole		17.8mm per pole		27mm per pole	
Lug type (cable up to 25mm ²)		Lug type (cable up to 25mm ²)		Lug type (cable up to 50mm ²)	
 1 changeover contact 6A at 240VAC, 3A at 415VAC 2A at 48VDC, 1A at 125VDC Lug terminal Cable capacity 2.5mm ² 9mm wide					
					
See page 41		See page 41		See page 41	

Reles de Sobrecarga

Estilo bimetalico		 Rangos de ajuste (A) 34 - 50 39 - 57 43 - 65 54 - 80 65 - 100 85 - 125 GT-100	 Rangos de ajuste (A) 34 - 50 39 - 57 43 - 65 54 - 80 65 - 100 85 - 125 100 - 150 GT-150	
	Clase 10A	Diferencial	GTK-100	GTK-150
		Sin diferencial (3- Térmico)	GTH-100/3	GTH-150/3
		Sin diferencial (2- Térmico)	GTH-100	GTH-150
Clase 20	Diferencial	GTK-100/L	GTK-150/L	



 Rangos de ajuste (A) 65 - 100 85 - 125 100 - 150 120 - 180 160 - 240 GT-220	 Rangos de ajuste (A) 85 - 125 100 - 150 120 - 180 160 - 240 220 - 300 260 - 400 GT-400	 Rangos de ajuste (A) 220 - 300 260 - 400 400 - 600 520 - 800 GT-800
GTK-220	GTK-400	GTK-600
GTH-220/3	GTH-400/3	GTH-600/3
GTH-220	GTH-400	GTH-600
GTK-220/L	GTK-400/L	GTK-600/L



ANEXO 21
CONTACTORES

T-solution | Líder en electricidad y automatización

Meta-MEC
**Contactores y
Relés de Sobrecarga**











Equipo Eléctrico



LS Industrial Systems

New Name of  LG Industrial Systems

tamaño		9A	12A	18A	22A
Contactor de 3 Polos					
Tipos	Bobina AC	GMC-9	GMC-12	GMC-18	GMC-22
	Bobina DC	GMD-9	GMD-12	GMD-18	GMD-22
Rangos / IEC 60947-4		kW	A	kW	A
AC1		25	25	40	40
AC3	200/240V	2.5	11	3.5	13
	380/440V	4	9	5.5	12
	500/550V	4	7	7.5	12
	690V	4	5	7.5	9
Rangos / UL508		hp	A	hp	A
Corriente continua		20	25	30	32
Monofásico	115V	0.5	0.5	1	2
	230V	1	2	3	3
Trifásico	200V	2	3	5	7
	230V	2	3	5	7.5
	460V	5	7.5	10	10
	575V	7.5	10	15	15
Tamaño NEMA		00	00	0	0
Adicional contactos auxiliares		 2 polos Montaje Frontal  4 polos Montaje Frontal  2 polos Montaje Lateral			
Contactor de 4 Polos					
Tipos	Bobina AC	GMC-9/4	GMC-12/4	GMC-18/4	GMC-22/4
	Bobina DC	GMD-9/4	GMD-12/4	GMD-18/4	GMD-22/4
AC1(A)		20	20	25	32

32A		40A		50A		65A		75A		85A	
											
GMC-32		GMC-40		GMC-50		GMC-65		GMC-75		GMC-85	
GMD-32		GMD-40		GMD-50		GMD-65		GMD-75		GMD-85	
kW	A	kW	A	kW	A	kW	A	kW	A	kW	A
50		60		80		100		110		135	
7.5	32	11	40	15	55	18.5	65	22	75	25	85
15	32	18.5	40	22	50	30	65	37	75	45	85
18.5	28	22	32	30	43	33	60	37	64	45	75
18.5	20	22	23	30	28	33	35	37	42	45	45
hp	A	hp	A	hp	A	hp	A	hp	A	hp	A
45		50		70		80		90		100	
2		3		3		5		5		7.5	
5		5		7.5		10		15		15	
7.5		10		10		15		20		25	
10		10		15		20		25		30	
20		25		30		40		50		50	
20		25		30		40		50		50	
1		1		2		2		2		3	





2-polis
Montaže Frontal










4-polis
Montaže Frontal



2-polis
Montaže Lateral







											
GMC-32/4		GMC-40/4		GMC-50/4		GMC-65/4		GMC-75/4		GMC-85/4	
GMD-32/4		GMD-40/4		GMD-50/4		GMD-65/4		GMD-75/4		GMD-85/4	
50		60		80		100		110		135	

tamaño		100A		125A		150A	
Contactor de 3 Polos							
Tipos AC/DC Bobina comun		GMC-100		GMC-125		GMC-150	
Rangos / IEC60947-4		kW A		kW A		kW A	
AC1		160		160		210	
AC3		30 105		37 125		45 150	
200/240V		55 105		60 120		75 150	
380/440V		55 85		60 90		90 140	
500/550V		55 65		60 70		90 100	
690V							
Rangos / UL508		hp A		hp A		hp A	
Corriente continua		160		160		210	
Monofásico 115V		7.5		10		15	
230V		15		20		25	
Trifásico 200V		30		40		40	
230V		30		40		50	
460V		60		75		100	
575V		60		75		100	
Tamaño NEMA		3		3		4	
Adicional contactos auxiliares		 <p>AU-100 1NA+NF, Montaje Lateral</p>					
Contactor de 4 Polos							
Tipos AC/DC Bobina comun		GMC-100/4		GMC-125/4		GMC-150/4	
AC1 (A)		160		160		210	

180A		220A		300A		400A		600A		800A	
											
GMC-180		GMC-220		GMC-300		GMC-400		GMC-600		GMC-800	
kW	A	kW	A	kW	A	kW	A	kW	A	kW	A
230		275		350		450		660		900	
55	180	75	250	90	300	125	400	190	630	220	800
90	180	132	250	160	300	220	400	330	630	440	800
110	180	132	200	160	250	225	350	330	500	500	720
110	120	132	150	200	220	250	300	330	420	500	630
hp	A	hp	A	hp	A	hp	A	hp	A	hp	A
230		275		350		450		660		900	
15		15									
30		40									
60		60		100		125		150		250	
60		75		100		150		200		300	
125		150		200		300		400		600	
125		150		200		300		400		600	
4		4		5		5		6		7	



AU-100
1NA+NF, Montage Lateral

											
GMC-180/4		GMC-220/4		GMC-300/4		GMC-400/4		GMC-600/4		GMC-800/4	
230		275		350		450		660		900	

Contactors & Overload relays

Metasol MC 3P 18 to 100A

MC type Magnetic Contactors



Frame size			18AF				22AF				
Type	screws clamp terminals										
Number of poles	3pole				3pole						
Rated operational voltage, Ue	690V				690V						
Rated insulation voltage, Ui	690V				690V						
Rated frequency	50/60Hz				50/60Hz						
Rated impulse withstand voltage, Uimp	6kV				6kV						
Maximum operating rate in operating cycles per hour(AC3)	1800 operations per hour				1800 operations per hour						
Durability	Mechanical	15 mil. operations				15 mil. operations					
	Electrical	2.5 mil. operations				2.5 mil. operations					
Current and power	AC-1, Thermal current	A	25	25	25	32	25	25	32	40	
	AC-3 200/240V	kW	2,2	2,5	3,5	4,5	2,5	3,5	4,5	5,5	
		A	9	11	13	18	11	13	18	22	
	380/440V	kW	3	4	5,5	7,5	4	5,5	7,5	11	
		A	7	9	12	18	9	12	18	22	
	500/550V	kW	3	4	7,5	7,5	4	7,5	7,5	15	
	A	6	7	12	13	7	12	13	20		
690V	kW	3	4	7,5	7,5	4	7,5	7,5	15		
	A	4	5	9	9	6	9	9	18		
UL rating (50/60Hz)	Continuous current	A	25	25	25	32	25	25	40	40	
		Single phase 110-120V	HP	0,5	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	2
	220-240V	HP	1,5	1,5	2	3	1,5	2	3	3	
	200-208V	HP	2	2	3	5	2	3	5	7,5	
	220-240V	HP	3	3	5	7,5	3	5	7,5	10	
	440-480V	HP	5	5	7,5	10	5	7,5	10	15	
550-600V	HP	7,5	7,5	10	15	7,5	10	15	20		
NEMA size		00	00	0	0	00	00	0	1		
				0,33			0,34				
Size and weight	AC control	Weight	45 × 73,5 × 79				45 × 73,5 × 86				
	DC control	Weight	0,5				0,51				
Auxiliary (standard)		Size(W × H × D) mm	45 × 73,5 × 113,7				45 × 73,5 × 117,7				
		Size(W × H × D) mm	1a or 1b				1a1b				
Auxiliary	Side mount	UA-1				UA-1					
	Front mount	UA-2, UA-4				UA-2, UA-4					

Note) Minimum conduct current of Auxiliary contactor is DC 17V 5mA.



40AF	
MC-32a	MC-40a
●	●
3pole	
690V	
1000V	
50/60Hz	
8kV	
1800 operations per hour	
12 mil. operations	
2 mil. operations	
50	60
7,5	11
32	40
15	18,5
32	40
18,5	22
28	32
18,5	22
20	23
50	60
2	3
5	7,5
7,5	15
10	15
20	30
25	30
1	1
0,4	
45 × 83 × 90	
0,6	
45 × 83 × 117,1	
UA-1	
UA-2, UA-4	

65AF	
MC-50a	MC-65a
●	●
3pole	
690V	
1000V	
50/60Hz	
8kV	
1800 operations per hour	
12 mil. operations	
2 mil. operations	
70	100
15	18,5
55	65
22	30
50	65
30	33
43	60
30	33
28	35
70	100
3	5
10	15
20	25
25	30
40	50
50	60
2	2
0,9	
55 × 106 × 119	
1,2	
55 × 106 × 146,4	
UA-1	
UA-2, UA-4	

100AF		
MC-75a	MC-85a	MC-100a
●	●	●
3pole		
690V		
1000V		
50/60Hz		
8kV		
1800 operations per hour		
12 mil. operations		
2 mil. operations		
110	135	160
22	25	30
75	85	105
37	45	55
75	85	105
37	45	55
64	75	85
37	45	55
42	45	65
110	135	160
5	7,5	10
15	15	20
25	30	30
30	40	40
50	60	75
60	75	75
2	3	3
1,6		
70 × 140 × 135,8		
2,6		
70 × 140 × 172,3		
UA-1		
UA-2, UA-4		



22AF	
MC-22a/4	
●	
4pole	
690V	
690V	
50/60Hz	
6kV	
1800 operations per hour	
15 mil. Operations	
1 mil. Operations	
40	
15	
40	
27	
40	
35	
40	
44	
40	
32	
2	
3	
7.5	
7.5	
10	
15	
1	
0.4	
47.2 × 80 × 86.8	
0.5	
47.2 × 80 × 113.2	
-	
AU-1	
AU-2, AU-4	



40AF		
MC-32a/4		MC-40a/4
●		
4pole		
690V		
690V		
50/60Hz		
6kV		
1800 operations per hour		
15 mil. Operations		
1 mil. Operations		
50		60
18		22
50		60
35		42
50		60
43		52
50		60
55		66
50		60
45		50
2		3
5		5
7.5		10
10		10
20		25
20		25
1		1
0.59		
59 × 83.5 × 94.5		
0.7		
59 × 83.5 × 121		
-		
AU-1		
AU-2, AU-4		



85AF			
MC-50a/4	MC-65a/4	MC-75a/4	MC-85a/4
●			
4pole			
690V			
690V			
50/60Hz			
6kV			
1800 operations per hour			
12 mil. Operations			
1 mil. Operations			
80	100	110	135
30	37	41	51
80	100	110	135
56	70	76	95
80	100	110	135
70	88	97	120
80	100	110	135
88	110	120	150
80	100	110	135
70	80	90	100
3	5	5	7.5
7.5	10	15	15
10	15	20	25
15	20	25	30
30	40	50	50
30	40	50	50
2	2	2	3
1.2			
91 × 123.5 × 117.8			
1.29			
91 × 123.5 × 117.8			
-			
AU-1			
AU-2, AU-4			

ANEXO 22

TABLA DE SELECCIÓN DE EQUIPO LG PARA PROTECCIÓN DE MOTORES

SELECCIÓN DE EQUIPO LG PARA ARRANQUE Y PROTECCIÓN DE MOTORES EN ESTRELLA TRINAGULO, 4 POLOS, 60HZ SEGÚN IEC 60947 - AC3 duty - UL

TRIFÁSICO 220V

POTENCIA		I NOMINAL AMP.	FUSIBLE NH AMP.	BREAKER LG AMP.	CONTACTOR LINEA CL	CONTACTOR DELTA CD	CONTACTOR ESTRELLA CE	RELE DIFERENCIAL GTK	CONDUCTOR AWG M.C.M.
KW	HP								
5.5	7.5	19	25	30	GMC-22	GMC-22	GMC-18	GTK-22 16-22	10
7.5	10	25	40	40	GMC-32	GMC-32	GMC-22	GTK-40 24-36	8
11	15	37	50	50	GMC-50	GMC-50	GMC-40	GTK-85 28-40	8
15	20	49	60	60	GMC-65	GMC-65	GMC-50	45-65	6
18.5	25	60	80	100	GMC-75	GMC-75	GMC-65	54-75	4
22	30	71	100	100	GMC-85	GMC-85	GMC-75	63-85	4
30	40	96	125	125	GMC-125	GMC-125	GMC-100	GTK-100 65-100	2
37	50	116	160	175	GMC-150	GMC-150	GMC-125	GTK-150 85-125	1/0
45	60	141	200	200	GMC-180	GMC-180	GMC-150	100-150	2/0
55	75	175	250	250	GMC-220	GMC-220	GMC-180	120-180	3/0
75	100	232	315	300	GMC-300	GMC-300	GMC-220	GTK-400 160-240	250
90	125	289	400	400	GMC-400	GMC-400	GMC-300	220-300	400
110	150	364	500	500	GMC-400	GMC-400	GMC-300	260-400	600

TRIFÁSICO 440V

POTENCIA		I NOMINAL AMP.	FUSIBLE NH AMP.	BREAKER LG AMP.	CONTACTOR LINEA CL	CONTACTOR DELTA CD	CONTACTOR ESTRELLA CE	RELE DIFERENCIAL GTK	CONDUCTOR AWG M.C.M.
KW	HP								
5.5	7.5	9.5	20	20	GMC-12	GMC-12	GMC-9	GTK-22 9-13	14
7.5	10	13.3	25	30	GMC-18	GMC-18	GMC-12	12-18	12
11	15	18.5	35	40	GMC-22	GMC-22	GMC-18	16-22	10
15	20	24.5	50	50	GMC-32	GMC-32	GMC-22	GTK-40 18-26	8
18.5	25	30	63	60	GMC-40	GMC-40	GMC-32	24-36	8
22	30	35	80	75	GMC-50	GMC-50	GMC-40	28-40	8
30	40	48	100	100	GMC-65	GMC-65	GMC-50	GTK-85 34-50	6
37	50	58	125	125	GMC-75	GMC-75	GMC-65	54-75	4
45	60	71	160	150	GMC-100	GMC-100	GMC-85	GTK-100 54-80	4
55	75	88	160	175	GMC-125	GMC-125	GMC-100	65-100	4
75	100	116	224	225	GMC-150	GMC-150	GMC-125	GTK-150 85-125	1/0
90	125	145	300	300	GMC-180	GMC-180	GMC-150	100-160	2/0
110	150	170	355	350	GMC-220	GMC-220	GMC-180	120-180	3/0

SELECCIÓN DE EQUIPO LG PARA PROTECCIÓN DE MOTORES EN ARRANQUE DIRECTO, 4 POLOS, 60 HZ SEGÚN IEC 60947 - AC3 duty - UL

MONOFÁSICO 230V

POTENCIA		I NOMINAL AMP.	FUSIBLE NH AMP.	BREAKER LG AMP.	CONTACTOR LG TIPO	RELE DIFERENCIAL GTK	CONDUCTOR AWG M.C.M.
KW	HP						
0.37	0.5	2.6	4	5	GMC-9	GTK-22 2.5-4	14
0.55	0.75	3.8	10	10	GMC-9	2.5-4	14
0.75	1.0	5.1	10	10	GMC-9	4-6	14
1.1	1.5	7.6	16	15	GMC-12	6-9	14
1.5	2.0	10.2	20	20	GMC-18	9-13	12
2.2	3.0	15.2	32	30	GMC-22	12-18	12
3.7	5.0	25.4	50	50	GMC-32	GTK-40 24-36	10
5.5	7.5	38.0	80	75	GMC-50	GTK-85 34-50	8
7.5	10.0	50.7	100	100	GMC-65	45-65	6
11.0	15.0	76.0	160	150	GMC-85	63-85	4
15.0	20.0	101.4	200	200	GMC-125	GTK-100 85-125	1/0
20.0	27.0	136.0	250	250	GMC-180	120-180	2/0
27.0	37.0	182.0	315	315	GMC-220	160-240	3/0

MONOFÁSICO 115V

POTENCIA		I NOMINAL AMP.	FUSIBLE NH AMP.	BREAKER LG AMP.	CONTACTOR LG TIPO	RELE DIFERENCIAL GTK	CONDUCTOR AWG M.C.M.
KW	HP						
0.37	0.5	5.1	10	10	GMC-9	GTK-22 4-6	14
0.55	0.75	7.6	16	15	GMC-12	6-9	14
0.75	1.0	10.2	20	20	GMC-18	9-13	12
1.1	1.5	15.2	35	30	GMC-22	12-18	12
1.5	2.0	20.4	50	50	GMC-32	GTK-40 18-26	10
2.2	3.0	30.4	63	60	GMC-40	24-36	8
3.7	5.0	50.7	100	100	GMC-65	GTK-85 45-65	6
5.5	7.5	76.0	160	150	GMC-85	63-85	4
7.5	10.0	101.4	200	200	GMC-125	GTK-100 85-125	1/0
11.0	15.0	152.0	315	300	GMC-180	120-180	2/0
15.0	20.0	202.8	400	400	GMC-220	160-240	250

ANEXO 23

ELECTROVÁLVULAS

CATALOG INTERNATIONAL

Directional Controls
Direct & Pilot Operated
Solenoid Controlled



(ISO 9001:2000 Certified EMC (CE) Certified)

ORDERING CODE - Direct Operated Solenoid Valve					
Sample order:	DG03	2C	115 V AC	72	DN
Legend	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1)	SOLENOID DIRECTIONAL CONTROL (D03/D05)				
(2)	SPOOL OPTION: See TABLE A below				
(3)	VOLTAGE: 115V AC, 60Hz / 110V AC, 50Hz; 220V AC, 60Hz / 200V AC, 50Hz; 12V DC / 24V DC				
(4)	DESIGN SERIES				
(5)	DN - DIN CONNECTOR; WB - WIRING BOX				
OPERATING SPECIFICATIONS - Direct Operated Solenoid Valve					
Valve size	D03/ISO 4401		D05/ISO 4401		
Max. pressure	5000 PSI (345 bar)		4500 PSI (310 bar)		
Max. flow	15 US gpm (57 LPM)		30 US gpm (114 LPM)		
Max. back pressure	2500 PSI (172 bar)		2000 PSI (138 bar)		
Operating viscosity	80 to 1400 SUS (15-300 cSt)		80 to 1400 SUS (15-300 cSt)		
Filtration	25 micron or better		25 micron or better		
Weight (approx.)	4 lbs (1,8 kg)		8 lbs (3,6 kg)		

ORDERING CODE - Pilot Operated Solenoid Valve								
Sample order:	DG08	2C	K	T	E	115 V AC	72	DN
Legend	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(1)	SOLENOID DIRECTIONAL CONTROL (D07/D08/D10)							
(2)	SPOOL OPTION: See TABLE A below							
(3)	K = P-Port Check (75 PSI)							
(4)	NO CODE: EXTERNAL DRAIN T: INTERNAL DRAIN							
(5)	NO CODE: INTERNAL PILOT E: EXTERNAL PILOT							
(6)	VOLTAGE: 115V AC, 60Hz / 110V AC, 50Hz; 220V AC, 60Hz / 200V AC, 50Hz; 12V DC / 24V DC							
(7)	DESIGN SERIES							
(8)	DN - DIN CONNECTOR; WB - WIRING BOX							

OPERATING SPECIFICATIONS - Pilot Operated Solenoid Valve			
Valve size	07/ISO 4401	08/ISO 4401	10/ISO 4401
Max. pressure	4500 PSI (310 bar)	4500 PSI (310 bar)	3000 PSI (207 bar)
Max. flow	80 GPM (300 LPM)	120 GPM (455 LPM)	200 GPM (758 LPM)
Min. pilot pres.	70 PSI (4,8 bar)	75 PSI (5 bar)	75 PSI (5 bar)
Max. back pres.	2285 PSI (157 bar)	2285 PSI (157 bar)	3000 PSI (207 bar)
Max Filtration	25 micron or better	25 micron or better	25 micron or better
Weight (approx.)	16.1 lbs (7,3 kg)	26.4 lbs (12 kg)	95 lbs (43 kg)

TABLE A: Spool Option	
0 : Open center (all ports)	8 : Tandem center (P to T)
1 : Open center (P, A to T)	11 : Open center (P,B to T)
2 : Closed center (all ports)	22 : Closed center (two way)
3 : Closed center (P, B)	31 : Closed center (P, A)
6 : Closed center (P only)	33 : Closed center (bleed AB)
7 : Open center (P to A,B)	

ANEXO 24

VÁLVULA DE ALIVIO

CATALOG INTERNATIONAL

www.Go2Hydraulics.com

1800-232-0646 (Intl.) +1-206-319-9433

DIFFERENTIAL POPPET STYLE RELIEF VALVES - RV AND DRV SERIES

MODEL RV DIFFERENTIAL POPPET INLINE RELIEF



The PRINCE valve model RV is a differential poppet type inline relief. The valve is made up of a relief cartridge and a cast iron valve body. The differential poppet type relief provides smooth quiet performance with a minimum variation between cracking and full flow pressures. This type relief is also less sensitive to system contamination. The model RV is well suited as a system relief up to 30 GPM and 3000 psi. It is available in two pressure ranges and both an externally adjustable and shim adjustable version.

VALVE SPECIFICATIONS:

Capacity: 30 gpm max inlet flow Weight: 3 lbs.
Pressure: 3000 psi max

MODEL DRV DIFFERENTIAL POPPET DOUBLE RELIEF



The PRINCE valve model DRV is a differential poppet type double relief. This valve uses the same relief cartridge as the model RV. The double relief is used in systems that require cross over relief protection such as a reversible hydraulic motor, or systems that require a cushion valve such as double acting cylinders.

VALVE SPECIFICATIONS:

Capacity: 30 gpm max inlet flow Weight: 5.5 lbs.
Pressure: 3000 psi max

MODEL RV-0 DIFFERENTIAL POPPET RELIEF CARTRIDGE



The PRINCE valve model RV-0 is the differential poppet relief cartridge used in many valve models. It is available preset to install into RV valves in the field or into a custom application. This relief cartridge can also be used in the RD5100, RD5200, RD5300 and SV stack valve inlet section.

VALVE SPECIFICATIONS:

Capacity: 30 gpm max inlet flow
Pressure: 3000 psi max

STANDARD MODELS AVAILABLE

MODEL NUMBER	MODEL NUMBER	VALVE TYPE	RELIEF SETTING	PORT SIZE
RV-1H	DRV-1HH	ADJUSTABLE 1500-3000 PSI	2000 PSI @ 10 GPM	#12 SAE
RV-2H	DRV-2HH	ADJUSTABLE 1500-3000 PSI	2000 PSI @ 10 GPM	3/4" NPTF
RV-4H	DRV-4HH	ADJUSTABLE 1500-3000 PSI	2000 PSI @ 10 GPM	1/2" NPTF
RV-2L	DRV-2LL	ADJUSTABLE 500-1500 PSI	1000 PSI @ 10 GPM	3/4" NPTF

V64

PRINCE MANUFACTURING CORPORATION • P.O. BOX 7000 • NORTH SIOUX CITY, SOUTH DAKOTA 57049-7000

CATV 44-06-04-01

URL: www.princehyd.com • E-MAIL: prince@princehyd.com

O.E.M. CUSTOMER SERVICE: (805) 235-1220 • FAX (712) 233-2181 • DISTRIBUTOR CUSTOMER SERVICE: PHONE (805) 235-1220 • FAX (712) 233-2181

SEE PAGE 23 & 24 OF THE STANDARD PRODUCT PRICE LIST FOR PRICING

www.Go2Hydraulics.com

1800-232-0646 (Intl.) +1-206-319-9433

MODEL RV AND DRV SPECIAL MODELS AND MOUNTING DIMENSIONS

SPECIAL MODEL RV RELIEF VALVES

Other relief valve models not listed on previous page are available in OEM quantities. To select a model number use the order code matrix shown at right. Consult a sales representative if options other than those listed are required.

MODEL NUMBER	PORT SIZE	RELIEF TYPE	PRESSURE SETTING
RV	1 - #12 SAE 2 - #14 NPTF 3 - #10 SAE 4 - #12 NPTF 5 - #8 SAE 0 - Cartridge Only, No Body	H-Adjustable 1500-3000 PSI L-Adjustable 900-1500 PSI NH- Non-Adjustable 1500-3000 PSI NL- Non-Adjustable 500-1500 PSI	Specify Relief Pressure in PSI. Leave Blank for Standard Setting. STANDARD SETTING 2000 PSI for H and NH 1000 PSI for L and NL.

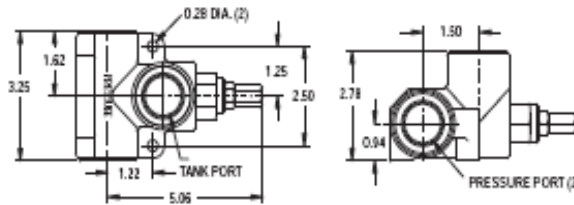
SPECIAL MODEL DRV RELIEF VALVES

Other relief valve models not listed on previous page are available in OEM quantities. To select a model number using the order code matrix at right. Consult a sales representative if options other than those listed are required.

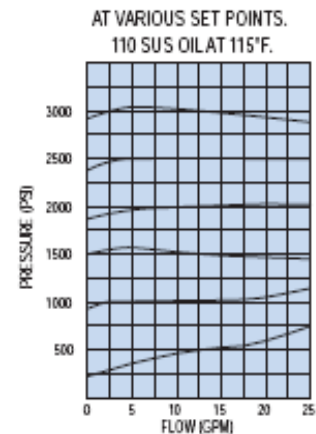
MODEL NUMBER	PORT SIZE	REL. TYPE	RELIEF SETTINGS (PSI)
		Port A/B #1	Port A/B Port C/D
DRV	1 - #12 SAE 2 - #14 NPTF 3 - #10 SAE 4 - #12 NPTF 5 - #8 SAE	H-Adjustable 1500-3000 PSI L-Adjustable 500-1500 PSI NH- Non-Adjustable 1500-3000 PSI NL- Non-Adjustable 500-1500 PSI	H-Adjustable 1500-3000 PSI L-Adjustable 500-1500 PSI NH- Non-Adjustable 1500-3000 PSI NL- Non-Adjustable 500-1500 PSI

Relief Settings: The two digits represent the relief settings in 100s to the nearest 100 PSI for the respective ports.
EXAMPLE: 08 = 800 PSI
17 = 1700 PSI

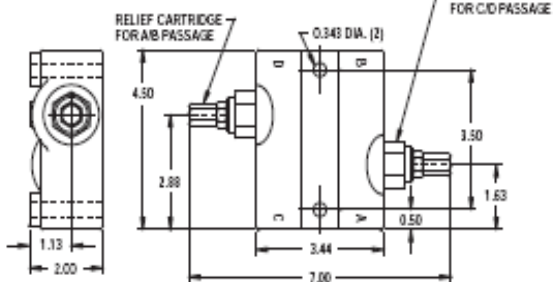
RV-SERIES MOUNTING DIMENSIONS



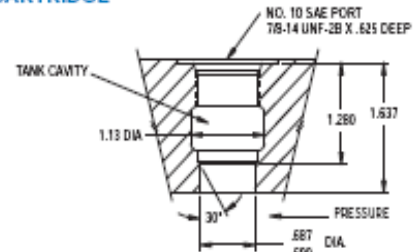
RV-SERIES RELIEF CURVES



DRV-SERIES MOUNTING DIMENSIONS



MACHINING DIMENSIONS FOR RELIEF VALVE CARTRIDGE



- FIELD CONVERSION KITS:**
- 660250002 ADJ. RELIEF CARTRIDGE 1500-3000 PSI RV ONLY
 - 660250003 ADJ. RELIEF CARTRIDGE 500-1500 PSI¹
 - 660250004 NON-ADJUSTABLE RELIEF CARTRIDGE 1500-3000 PSI RV ONLY
 - 660250005 NON-ADJUSTABLE RELIEF CARTRIDGE 500-1500 PSI¹
 - 660250011 ADJ. RELIEF CARTRIDGE 1500-3000 PSI DRV ONLY
 - 660250012 NON-ADJUSTABLE RELIEF CARTRIDGE 1500-3000 PSI DRV ONLY
 - 660590001 RV SEAL KIT
 - 660590004 DRV SEAL KIT
 - 670300005 1500-3000 PSI RELIEF SPRING
 - 670300006 500-1500 PSI RELIEF SPRING

¹ NOTE: THESE CARTRIDGES ARE THE SAME ON BOTH RV AND DRV VALVES

CATV 65-09-04-01

PRINCE MANUFACTURING CORPORATION • P.O. BOX 7000 • NORTH BLDG CITY, SOUTH DAKOTA 57049-7000
 URL: www.princehyd.com • E-MAIL: prince@princehyd.com
 O.E.M. CUSTOMER SERVICE: (805) 235-1220 • FAX (712) 233-2181 DISTRIBUTOR CUSTOMER SERVICE: PHONE (805) 235-1220 • FAX (712) 233-2181

V65

ANEXO 25

REGULADOR DE CAUDAL VICKERS



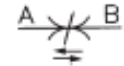
VÁLVULAS EN LÍNEA

Válvula de aguja bidireccional montaje en línea o panel

PLI TOGNELLA S.p.A.
ITALIA
ISO 9001

- Fuga cero a través de asiento metálico.
- Precisión de control para una amplia gama de caudales.
- Posee escala graduada y tornillo para traba.
- Puede ser montada en panel a través de la tuerca "G".

- Sello standard PTFE viton a pedido.
- Presión de trabajo 400 bar, rotura 1300 bar.
- Temperatura de trabajo -20 a 100°C.
- A pedido acero inoxidable AISI 316.



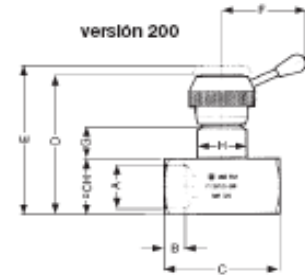
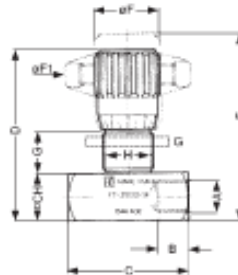
cuerpo acero
manopla aluminio

DESIGNACIÓN PARA ORDENAR:

FT 257/2 14 -

TAMAÑO

- SIN CÓDIGO STANDARD
G = CON TUERCA P/MONTAJE EN PANEL
V = SELLOS VITON ESPECIAL
MP = MANOPLA PLÁSTICA (A PEDIDO)
200 = MANOPLA A PALANCA (A PEDIDO)

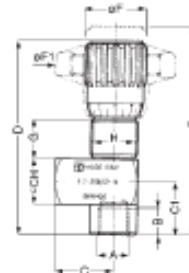


TAMAÑO	PRESIÓN DE TRABAJO bar	CAUDAL MÁXIMO lts/mín	ΔP AL CAUDAL INDICADO bar	ROSCA GAS UN 388 A	B	C	D	E	F	F1	G	H	CH	PESO kg
18	400	8	20	1/8" G	8,5	38	59	64	22	40	19,5	M17x1	16	0,110
14	400	12	15	1/4" G	12,5	49	71	78	27	50	17	M20x1	20	0,200
98	400	95	18	3/8" G	12,5	59	84	99	33	70	19,5	M25x1,5	25	0,375
12	400	50	18	1/2" G	15,5	68	97	107	38	80	21	M30x1,5	30	0,600
34	400	80	20	3/4" G	17	86	120,5	132,5	47	100	26,5	M40x1,5	40	1,250
100	320	180	15	1" G	20	105	151,5	167,5	58	120	35	M50x1,5	50	2,550
114	320	180	9	1 1/4" G	22	120	195,5	172,5	58	120	35	M50x1,5	55	3,000
112	320	180	5	1 1/2" G	24	134	197	181	58	120	35	M50x2	65	4,217
200	320	200	2	2" G	27	150	188	202	85	-	44	M65x2	75	7,300

K
02

Válvula de aguja 90° bidireccional montaje en línea o panel

- Fuga cero a través de asiento metálico.
- Precisión de control para una amplia gama de caudales.
- Posee escala graduada y tornillo para traba.
- Puede ser montada en panel a través de la tuerca "G".
- Sello standard PTFE viton a pedido.
- Presión de trabajo 400 bar, rotura 1300 bar.
- Temperatura de trabajo -20 a 100°C.
- A pedido acero inoxidable AISI 316.



DESIGNACIÓN PARA ORDENAR:

FT 258/2 14 -

TAMAÑO

- SIN CÓDIGO STANDARD
G = CON TUERCA P/MONTAJE EN PANEL
V = SELLOS VITON ESPECIAL
MP = MANOPLA PLÁSTICA (A PEDIDO)



TAMAÑO	PRESIÓN DE TRABAJO bar	CAUDAL MÁXIMO lts/mín	ΔP AL CAUDAL INDICADO bar	ROSCA GAS UN 388 A	B	C	C1	D	E	F	F1	G	H	CH	PESO kg
18	400	8	20	1/8" G	8,5	19	20	71	76	22	40	14,5	M17x1	16	0,108
14	400	12	15	1/4" G	13,5	25	27	86,5	98,5	27	50	17	M20x1	20	0,200
98	400	95	18	3/8" G	12,5	29,5	31,5	101,5	110,5	33	70	19,5	M25x1,5	25	0,380
12	400	50	18	1/2" G	15,5	35	37	117	127	38	80	21	M30x1,5	30	0,580
34	400	80	20	3/4" G	17	42	46	142,5	154,5	47	100	26,5	M40x1,5	40	1,295
100	320	180	5	1" G	20	53	56	182,8	198,8	58	120	35	M50x1,5	50	2,500

Para mayor información consultar a nuestro departamento técnico.

ANEXO 26

FILTRO DE ACEITE DE ASPIRACIÓN

CATALOG INTERNATIONAL

STRAINER / FILTERS		Ordering Code	
Model no.	Flow US GPM (LPM)	Thread NPT BSP	
IFP-007	10 (37)	1	
IFP-013	15 (56)	1	
IFP-016	20 (75)	1 1/4	
IFP-026	30 (113)	1 1/2	
IFP-053	55 (208)	1 1/2	
IFP-055	55 (208)	2	
IFP-092	90 (340)	2 1/2	
IFP-105	105 (398)	3	

ANEXO 27

MANÓMETRO

Manómetro Lleno de Glicerina

Elemento: Bourdon de bronce
 Conexión: Bronce
 Caja: Acero inoxidable 304

DE WIT

Modelo 251V y 255V



✓ CARACTERÍSTICAS GENERALES

Exactitud:	+/- 2% del total de la escala
Elemento:	Tubo bourdon de bronce
Conexión:	Bronce 1/4" N.P.T. inf. o posterior
Mecanismo:	Bronce
Caja y Bisel:	Acero inoxidable 304
Ventana:	Acrílico
Carátula:	Aluminio fondo blanco, números negros/rojos
Aguja:	Aluminio esmaltado negro
Tamaños:	ø 63 mm (2 1/2") ø100 mm (4")
Rangos:	Doble escala, kg/cm ² + psi max. 700 kg/cm ² En ø100 mm (4") solo hasta 42 kg/cm ²

🔧 APLICACIONES

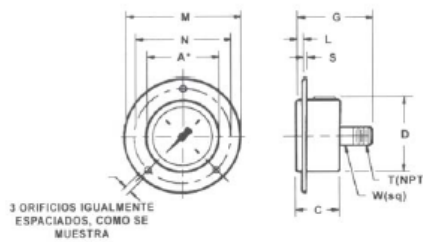
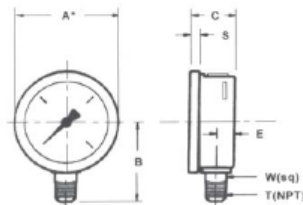
Manómetro lleno de glicerina con caja de acero inoxidable diseñado para ser instalado en ambientes donde existan agentes corrosivos, gran cantidad de polvo, vibración excesiva o la presión de la línea tenga severa pulsación o golpes de ariete causados por cambios bruscos de presión en fluidos corrosivos que no ataquen al bronce, como bombas, prensas, plantas cementeras, etc.

📋 COMO ORDENAR

Cantidad	Modelo	Tamaño (mm)	Rango	Conexión
Ejem. 30 pzas.	251V	63	70 kg/cm ²	inf. 1/4" N.P.T.

PRECAUCIÓN: No use manómetros llenos de glicerina en ninguna aplicación que incluya agentes altamente oxidantes, como cloro, ácido nítrico, peróxido de hidrógeno, etc., porque esta combinación puede causar una explosión.

Mod 251 V



Mod 255 V

Dimensiones en mm

MODELO	A	B	C	D	E	G	J	L	M	N	S	T
25163	66	57	30	63	12	-	-	-	-	-	7	1/4NPT
25163	66	-	30	63	-	59	3	7	8	74	3	1/4NPT
251100	112	83	33	100	12	-	-	-	-	-	8	1/4NPT
251100	112	-	33	100	-	67	6	9	135	116	1	1/4NPT

RANGOS ESTÁNDAR

PRESIÓN	
Kgf/cm ²	Psi
0 - 1	0 - 15
0 - 2	0 - 30
0 - 4	0 - 60
0 - 7	0 - 100
0 - 11	0 - 150
0 - 14	0 - 200
0 - 21	0 - 300
0 - 28	0 - 400
0 - 42	0 - 600
0 - 70	0 - 1000
0 - 105	0 - 1500
0 - 140	0 - 2000
0 - 210	0 - 3000
0 - 280	0 - 4000
0 - 350	0 - 5000
0 - 560	0 - 8000
0 - 700	0 - 10000
VACIO	-76 CmHg-

ANEXO 28

MANGUERA DUNFLEX



SERIE

EN 853 1ST

EXCEDE SAE 100R1A

Manguera una malla metálica

Descripción: Manguera hidráulica de una malla metálica media presión.

Tubo interior: Negro, goma sintética resistente al aceite.

Recubrimiento: Negro, goma sintética resistente al aceite, agua, ozono.

Refuerzo: 1 malla acero.

Temperatura: -40°C a +100°C intermitente hasta 125°C para fluidos basados en petróleo.

-40°C a +70°C para fluidos basados en agua.

Aplicaciones: Sistemas hidráulicos con fluidos basados en petróleo o agua/glycol y para aceites y lubricantes.

Terminal: PF-xxxx

Casquillo: P-10xx



- MANGUERAS
- TERMINALES
- ARMAZONES
- TIPOES DE PROTECCIONES
- CARINAS DE SEGURIDAD
- ARMAZONES
- TIPOES DE ACERO
- ALICATORIOS
- ARMAZONES
- CONEXIONES HIDRÁULICAS
- MANGUERAS HIDRÁULICAS
- TIPOES DE
- MANGUERAS REGULADORAS DE CARGA
- ARMAZONES HIDRÁULICAS
- ALICATORIOS
- ARMAZONES
- ARMAZONES

Diámetro interior (in) (mm)		Diámetro sobre malla (in) (mm)		Diámetro exterior (in) (mm)		Máxima presión trabajo (psi) (bar)		Mínima presión rotura (psi) (bar)		Radio curvatura (in) (mm)		Peso (kg/mtr)
1/4	6,3	0,437	11,1	0,629	15,9	3260	225	13050	900	4,0	100	0,29
5/16	8,0	0,500	12,7	0,689	17,5	3115	215	12325	850	4,5	115	0,34
3/8	9,5	0,594	15,1	0,780	19,8	2610	180	10440	720	5,0	130	0,43
1/2	12,7	0,720	18,3	0,906	23,0	2320	160	9280	640	7,0	180	0,54
5/8	15,9	0,843	21,4	1,031	26,2	1885	130	7540	520	8,0	200	0,63
3/4	19,0	1,000	25,4	1,189	30,2	1520	105	6090	420	9,5	240	0,80
1	25,4	1,311	33,3	1,500	38,1	1275	88	5075	350	12,0	300	1,15
1 1/4	31,8	1,594	40,5	1,811	46,0	910	63	3625	250	16,5	420	1,50
1 1/2	38,1	1,843	46,8	2,063	52,4	725	50	2900	200	19,5	500	1,74
2	50,8	2,374	60,3	2,626	66,7	580	40	2320	160	25,0	630	2,47

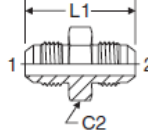
ANEXO 29

RACORES DUNFLEX

LHTX Full Dimensions

Large Hex Union
37° Flare / 37° Flare

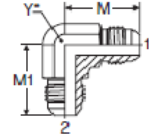
SAE 070119
HPD Base # 03L3



ETX Full Dimensions

Union Elbow
37° Flare / 37° Flare

SAE 070201
HPD Base # 2303



Y* – Across wrench flats

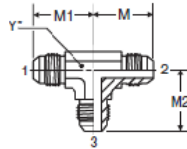
TUBE FITTING PART #	END SIZE 1 TO 2 (in.)	C2 HEX (in.)	L1 (in.)	STANDARD Dynamic Pressure (x 1,000 PSI)		
				-S	-SS	-B
				4 LHTX	1/4	11/16
4-3 LHTX	1/4 to 3/16	11/16	1.30		9.0	
5 LHTX	5/16	3/4	1.38	6.0		
6 LHTX	3/8	13/16	1.41	6.0	7.2	3.3
6-4 LHTX	3/8 to 1/4	13/16	1.41		7.2	
8 LHTX	1/2	1	1.62	6.0	7.2	3.3
8-4 LHTX	1/2 to 1/4	1	1.52		7.2	
8-6 LHTX	1/2 to 3/8	1	1.52		7.2	
10 LHTX	5/8	1 1/8	1.88	5.0	6.0	
12 LHTX	3/4	1 3/8	2.16	5.0	6.0	
12-8 LHTX	3/4 to 1/2	1 3/8	1.95		6.0	
16 LHTX	1	1 5/8	2.25	4.0	4.8	
32 LHTX	2	2 3/4	3.41		2.4	

TUBE FITTING PART #	END SIZE		M (in.)	M1 (in.)	Y (in.)	STANDARD Dynamic Pressure (x 1,000 PSI)		
	1 (in.)	2 (in.)				-S	-SS	-B
	2 ETX	1/8				1/8	0.78	0.78
3 ETX	3/16	3/16	0.83	0.83	7/16	7.5	7.7	3.3
4 ETX	1/4	1/4	0.89	0.89	7/16	7.5	7.7	3.3
5 ETX	5/16	5/16	0.95	0.95	9/16	6.0	6.0	3.3
6 ETX	3/8	3/8	1.06	1.06	9/16	6.0	6.0	3.3
6-4 ETX	3/8	1/4	1.06	1.05	9/16	6.0		
8 ETX	1/2	1/2	1.25	1.25	3/4	6.0	6.0	3.3
8-6 ETX	1/2	3/8	1.25	1.14	3/4	6.0		
10 ETX	5/8	5/8	1.45	1.45	7/8	5.0	5.0	3.3
10-8 ETX	5/8	1/2	1.45	1.33	7/8	5.0		
12 ETX	3/4	3/4	1.66	1.66	1 1/16	5.0	5.0	3.3
12-8 ETX	3/4	1/2	1.66	1.42	1 1/16			
12-10 ETX	3/4	5/8	1.66	1.54	1 1/16		5.0	
14 ETX	7/8	7/8	1.73	1.73	1 3/16			
16 ETX	1	1	1.81	1.81	1 5/16	4.0	3.5	2.3
16-12 ETX	1	3/4	1.81	1.77	1 5/16			
20 ETX	1 1/4	1 1/4	2.06	2.06	1 5/8	4.0	3.0	
24 ETX	1 1/2	1 1/2	2.33	2.33	1 7/8	3.0	2.0	
32 ETX	2	2	3.06	3.06	2 1/2	2.0	1.5	

JTX Full Dimensions

Union Tee
37° Flare (all three ends)

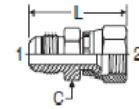
SAE 070401
HPD Base # 033T



Y* – Across wrench flats

XHX6 Full Dimensions

Extender and Expander
37° Flare / 37° Flare Swivel



TUBE FITTING PART #	END SIZE			M (in.)	M1 (in.)	M2 (in.)	Y (in.)	STANDARD Dynamic Pressure (x 1,000 PSI)		
	1 (in.)	2 (in.)	3 (in.)					-S	-SS	-B
	2 JTX	1/8	1/8					1/8	0.78	0.78
3 JTX	3/16	3/16	3/16	0.83	0.83	0.83	7/16	7.5	7.7	3.3
4 JTX	1/4	1/4	1/4	0.89	0.89	0.89	7/16	7.5	7.7	3.3
4-4-3 JTX	1/4	1/4	3/16	0.89	0.89	0.81	7/16		7.7	
5 JTX	5/16	5/16	5/16	0.95	0.95	0.95	9/16	6.0	6.0	3.3
6 JTX	3/8	3/8	3/8	1.06	1.06	1.03	9/16	6.0	6.0	3.3
8 JTX	1/2	1/2	1/2	1.25	1.25	1.25	3/4	6.0	6.0	3.3
10 JTX	5/8	5/8	5/8	1.45	1.45	1.45	7/8	5.0	5.0	3.3
12 JTX	3/4	3/4	3/4	1.66	1.66	1.65	1 1/16	5.0	5.0	2.9
12-12-8 JTX	3/4	3/4	1/2	1.66	1.66	1.42	1 1/16		5.0	
12-16-12 JTX	3/4	1	3/4	1.77	1.81	1.77	1 5/16		5.0	
14 JTX	7/8	7/8	7/8	1.73	1.73	1.73	1 5/16	5.0		
16 JTX	1	1	1	1.81	1.81	1.81	1 5/16	4.0	3.5	2.3
20 JTX	1 1/4	1 1/4	1 1/4	2.06	2.06	2.05	1 5/8	4.0	3.0	
24 JTX	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2.33	2.33	2.33	1 7/8	3.0	2.0	
24-16-16 JTX	1 1/2	1	1	2.33	2.16	2.16	1 7/8		2.0	
32 JTX	2	2	2	3.06	3.06	3.05	2 1/2	2.0	1.5	

TUBE FITTING PART #	END SIZE		C HEX (in.)	L (in.)	STANDARD Dynamic Pressure (x 1,000 PSI)		
	1 (in.)	2 (in.)			-S	-SS	-B
	4 XHX6	1/4			1/4	9/16	1.39
6 XHX6	3/8	3/8	5/8	1.50	5.0		
6-4 XHX6	3/8	1/4	5/8	1.50	5.0		
8 XHX6	1/2	1/2	13/16	1.71	5.0		
8-6 XHX6	1/2	3/8	13/16	1.72	5.0		
10 XHX6	5/8	5/8	1	2.01	5.0		
10-8 XHX6	5/8	1/2	15/16	1.93	5.0		
12 XHX6	3/4	3/4	1 1/4	2.27	5.0		
12-10 XHX6	3/4	5/8	1 1/8	2.20	5.0		
16 XHX6	1	1	1 1/2	2.47	3.6		
16-12 XHX6	1	3/4	1 1/2	2.31	3.6		
20-16 XHX6	1 1/4	1	1 11/16	2.50	3.6		