

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

#### TEMA:

---

---

“ESTUDIO DE SISTEMAS DE ACABADO PARA MUEBLES DE MADERA Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE CARPINTERÍA EN EL COLEGIO “JUAN XXIII” EN LA CIUDAD DEL TENA – NAPO”

---

---

**TUTOR:** Ing. Mg. JORGE GUAMANQUISPE

**AUTOR:** JOSÉ DAVID PINCHA MIRANDA

AMBATO – ECUADOR

2014

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema “ESTUDIO DE SISTEMAS DE ACABADO PARA MUEBLES DE MADERA Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE CARPINTERÍA EN EL COLEGIO “JUAN XXIII” EN LA CIUDAD DEL TENA - NAPO” presentado por José David Pincha Miranda, estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por el consejo.

Ambato..... de.....del 2014

**EL TUTOR**

-----

Ing. Mg. Jorge Guamanquispe

## **AUTORÍA**

Declaro que el contenido del trabajo investigativo “ESTUDIO DE SISTEMAS DE ACABADO PARA MUEBLES DE MADERA Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE CARPINTERÍA EN EL COLEGIO JUAN XXIII EN LA CIUDAD DEL TENA - NAPO”, así como sus ideas, opiniones, resultados, análisis, conclusiones y propuesta son auténticos y de responsabilidad exclusiva de mi persona en calidad de autor del presente proyecto.

Ambato..... de.....del 2014

## **EL AUTOR**

-----  
José David Pincha Miranda

C. I.: 180344184-7

## DEDICATORIA

*A Jehová dios quién ha sabido darme distintos caminos para seguir adelante y retirar las piedras que en ellos encontraba.*

*A los seres que me dieron la oportunidad de vivir Aida y Francisco, que de u otra forma fueron mi estímulo, mis hermanos Fabián, Marco, Adriana, en especial porque siempre confiaron en mí y su apoyo fue esencial y especial sin egoísmo.*

*A la persona que me impulsa a ser mejor cada día y crecer en todo sentido, que con acciones me dice más que con palabras.*

*A los que compartimos un aula reímos, discutimos, pero siempre seremos amigos en donde estemos, porque de todos he aprendido mucho.*

*A los amigos personales que son los que más cerca estuvieron he hicieron con sus palabras que esto sea un sueño hecho realidad.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Al Ing. Jorge Guamanquispe tutor de tesis, por su ayuda, colaboración y orientación en el presente trabajo investigativo.*

*A mis padres, hermanos, familia en general.*

*A todos mis maestros desde la época primaria hasta estos instantes a las personas que de una u otra manera contribuyeron en mi formación y crecimiento intelectual y personal, ya que de ellos aprendí, aprendo y aprenderé que las mayores satisfacciones se alcanzan cuando las cosas se hacen con esfuerzo, dedicación, honestidad, y sobre todo humildad.*

*Al Instituto Técnico “Juan XXIII”, sus autoridades, docentes, alumnos y personas allegadas que me facilitaron realizar el estudio dentro de sus instalaciones, abriéndome las puertas gentilmente y sin ver satisfacciones personales, sino velando por el bien conjunto.*

## ÍNDICE GENERAL

### PÁGINAS PRELIMINARES

TÍTULO.....	I
CERTIFICACIÓN .....	II
AUTORÍA.....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
ÍNDICE GENERAL .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS .....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIX
RESUMEN.....	XXIV

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 Tema de investigación .....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.2.1 Contextualización .....	1
1.2.2 Análisis crítico .....	2
1.2.3 Prognosis.....	3
1.2.4 Formulación del problema .....	4
1.2.5 Preguntas directrices .....	4
1.2.6 Delimitación del problema de investigación.....	4
1.2.6.1 Delimitación de contenido.....	4
1.2.6.2 Delimitación Espacial.....	5
1.2.6.3 Delimitación Temporal.....	6
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo general.....	7

1.4.2	Objetivos específicos .....	7
-------	-----------------------------	---

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1	Antecedentes investigativos .....	8
2.2	Fundamentación filosófica .....	9
2.3	Categorías fundamentales .....	9
2.3.1	Estudio de sistemas de acabado .....	10
2.3.1.1	Aplicación del proceso final de la madera (acabado).....	10
2.3.1.2	Factores a considerar para escoger el producto de acabado .....	10
2.3.1.3	Pinturas .....	12
2.3.1.4	Barnices .....	12
2.3.1.5	Los Alquídicos.....	15
2.3.1.6	Nitro-celuloso .....	16
2.3.1.7	Poliuretano.....	18
2.3.1.8	Polyester .....	18
2.3.1.9	Barniz Marino.....	19
2.3.1.10	Barniz Doble Acción .....	20
2.3.2	Ponderaciones para un sistema de acabados para muebles de madera ...	21
2.3.3	Sistemas de acabados con cortina de agua.....	21
2.3.3.1	Ventajas de la cabina con cortina de agua.....	21
2.3.3.2	Desventajas de las cabinas con cortina de agua .....	22
2.3.3.3	Ficha Técnica.....	22
2.3.4	Sistema de acabados con filtración de aire .....	22
2.3.4.1	Ventajas de las cabinas de acabados con sistemas de filtración de aire	23
2.3.4.2	Desventajas de las cabinas de acabados con sistemas de filtración de aire.....	23
2.3.4.3	Ficha técnica.....	24
2.3.5	Cabinas de acabados en seco .....	24
2.3.5.1	Ventajas de las cabinas en seco .....	24
2.3.5.2	Desventajas de las cabinas en seco.....	25
2.3.5.3	Ficha Técnica.....	25
2.3.6	Cabinas de acabados en seco con recuperación de pulverización .....	25

2.3.6.1	Desventajas de las cabinas de acabados en seco con recuperación de la pulverización.....	26
2.3.6.2	Ficha Técnica.....	26
2.3.7	Partes y sistemas básicos de las cámaras .....	27
2.3.8	Clases de cabinas .....	30
2.3.9	Matriz de decisión (Ponderación) .....	34
2.3.9.1	Características.....	34
2.3.10	Contaminación .....	35
2.3.10.1	Niveles permitidos de contaminación en el ambiente .....	36
2.3.10.2	Contaminantes del aire .....	37
2.3.11	Contaminación del aire .....	38
2.3.11.1	Definiciones.....	38
2.3.11.2	Clasificación de los contaminantes .....	39
2.3.11.3	Compuestos orgánicos volátiles (COV) .....	40
2.3.11.4	Términos frecuentes en la contaminación ambiental .....	42
2.3.11.5	Categorías de Fuentes de Contaminantes .....	42
2.3.11.6	Compuestos particulares.....	44
2.3.11.7	Material particulado en suspensión en aire (MP).....	44
2.3.11.8	Partículas finas (características) .....	46
2.3.11.9	Niveles Guía y Límites Permitidos.....	47
2.3.11.10	Mejores técnicas disponibles para evitar la contaminación .....	47
2.3.12	Procesos productivos .....	51
2.3.12.1	Tipos de maderas y accesorios más comunes en la fabricación de muebles de madera.....	54
2.3.13	Ejemplo del proceso de la construcción de una silla de madera.....	55
2.3.13.1	Recomendaciones .....	56
2.3.13.2	Distribución de la planta para la fabricación de muebles de madera ....	57
2.3.13.3	Producción para los muebles de madera .....	60
2.3.14	Cimentación y montaje .....	61
2.3.14.1	Cimentación.....	61
2.3.14.2	Consideraciones para la cimentación .....	61
2.3.14.3	Capacidad de carga.....	61
2.3.14.4	Cargas permisibles.....	61

2.3.14.5	Accesorios .....	62
2.3.14.6	Asentamientos .....	62
2.3.14.7	Asiento vertical.....	62
2.3.14.8	Economía.....	62
2.3.15	Esfuerzos que sufre la cimentación.....	62
2.3.15.1	Estáticos.....	62
2.3.15.2	Dinámicos.....	63
2.3.15.3	Vibratorios .....	63
2.3.16	Anclajes.....	63
2.3.16.1	Funcionamiento .....	64
2.3.16.2	Anclajes mecánicos .....	64
2.3.16.3	Factores a considerar .....	64
2.3.16.4	Factor de seguridad.....	65
2.3.17	Instalación de los sistemas de acabados.....	65
2.3.18	Parámetros generales de ahorro de energía.....	66
2.3.19	Parámetros de operación .....	66
2.3.20	Medidas particulares a tomar en cuenta en el sistema de acabados.....	66
2.3.21	Propiedades del fluido (agua) .....	67
2.3.21.1	Peso específico .....	67
2.3.21.2	Presión (P) .....	67
2.3.22	Relación de presiones .....	68
2.3.22.1	Caudal.....	69
2.3.23	Dinámica de los fluidos .....	69
2.3.23.1	Flujo laminar .....	69
2.3.23.2	Flujo turbulento .....	70
2.3.24	Tipos de flujo en la tubería .....	70
2.3.24.1	Número de Reynolds .....	71
2.3.24.2	Números de Reynolds críticos.....	71
2.3.25	Ecuación de la continuidad .....	72
2.3.25.1	Ecuación de energía.....	72
2.3.25.2	Energía cinética .....	73
2.3.25.3	Energía potencial .....	73
2.3.25.4	Energía de posición o elevación .....	74

2.3.26	Flujo de fluidos en tuberías.....	74
2.3.26.1	Teorema de Bernoulli .....	74
2.3.26.2	Restricciones de la ecuación de Bernoulli.....	75
2.3.26.3	Aplicaciones de la ecuación de Bernoulli .....	75
2.3.27	Balance energético considerando pérdidas de carga.....	76
2.3.28	Pérdidas de energía en la tubería .....	76
2.3.28.1	Pérdidas primarias .....	76
2.3.28.2	Pérdidas Secundarias por Accesorios .....	77
2.3.28.3	Pérdidas Secundarias por Acoplamientos .....	78
2.3.28.4	Pérdidas por fricción en el flujo turbulento.....	79
2.3.29	Métodos para encontrar el factor de fricción .....	80
2.3.29.1	Diagrama de Moody .....	80
2.3.29.2	Ecuación de P. k. Swamee y S. K. Jain .....	81
2.3.30	Propiedades para el diseño mecánico .....	81
2.3.30.1	Flexión.....	81
2.3.30.2	Tensiones máximas en una sección transversal.....	82
2.3.31	Rendimiento y eficiencia .....	82
2.3.32	Red de categorías fundamentales.....	83
2.4	Fundamentación legal .....	84
2.5	Hipótesis .....	84
2.6	Señalamiento de variables.....	84

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA**

3.1	Metodología básica de la investigación.....	85
3.2	Modalidad y tipo de investigación .....	85
3.2.1	Modalidad de investigación.....	85
3.2.1.1	Experimental.....	85
3.2.1.2	Tipo.....	85
3.2.2	Nivel de investigación .....	86
3.2.2.1	De campo.....	86
3.2.2.2	Experimental.....	86
3.3	Población y muestra .....	86

3.3.1	Población o universo.....	86
3.3.2	Muestra .....	87
3.4	Operacionalización de variables.....	87
3.4.1	Variable dependiente .....	88
3.4.2	Variable independiente .....	89
3.5	Plan de recolección de información .....	90
3.6	Plan de procesamiento de la información.....	91

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1	Análisis de resultados.....	92
4.1.1	Cálculo de dosis antes de la realización de las medidas correctivas.....	101
4.1.2	Cálculo de dosis cuando ya se realizaron medidas correctivas.....	103
4.1.3	Análisis químico del agua, utilizado en el sistema de recirculación de la cámara de acabados para muebles.....	105
4.1.3.1	Método: Gravimétrico (secado y precipitación).....	105
4.1.3.2	Obtención de la muestra de agua contaminada para el análisis gravimétrico .....	105
4.1.3.3	Análisis de muestras .....	110
4.1.3.4	Conclusiones.....	113
4.1.4	Análisis de procesos en los sistemas de acabados para muebles de madera.....	113
4.2	Interpretación de datos .....	118
4.3	Verificación de la hipótesis.....	118
4.3.1	Verificación.....	129
4.3.1.1	Hipótesis nula .....	129
4.3.1.2	Hipótesis Alternativa .....	130
4.3.1.3	Modelo matemático .....	130
4.3.1.4	Modelo Estadístico .....	130
4.3.1.5	Selección del nivel de investigación.....	131
4.3.1.6	Descripción de la población .....	131
4.3.1.7	Especificaciones de las zonas de rechazo y aceptación.....	131
4.3.2	Análisis de los datos estadísticos para los docentes.....	132

4.3.3	Análisis de los datos estadísticos para los estudiantes.....	146
-------	--	-----

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones.....	150
5.2	Recomendaciones.....	151

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

6.1	Datos informativos.....	153
6.2	Antecedentes de la propuesta.....	154
6.3	Justificación.....	155
6.4	Objetivos.....	155
6.4.1	Objetivo general.....	155
6.4.2	Objetivos específicos.....	156
6.5	Análisis de factibilidad.....	156
6.5.1	Análisis técnico.....	156
6.6	Fundamentación.....	157
6.6.1	Diseño del sistema de tuberías.....	157
6.6.1.1	Diseño del sistema de fluido.....	157
6.6.1.2	Selección de la Bomba.....	157
6.6.1.3	Selección de la tubería y accesorios.....	161
6.6.1.4	Ventajas de la tubería PVC.....	161
6.6.1.5	Selección de accesorios de la instalación hidráulica.....	161
6.6.2	Accesorios de la instalación eléctrica.....	164
6.6.2.1	Diseño del tanque de succión y descarga.....	165
6.6.2.2	Cálculo de la presión en el fondo de los tanques de succión y descarga.....	167
6.6.3	Cálculos teóricos de los parámetros de una bomba de succión y descarga para una cámara de acabados con cortina de agua.....	169
6.6.3.1	Cálculo por fricción.....	169
6.6.3.2	Cálculo de pérdidas primarias y secundarias.....	173

6.6.3.3	Cálculo de pérdidas por accesorios y tubería en la succión (Valores de K Anexo 9).....	176
6.6.3.4	Cálculo de pérdidas por accesorios y tubería en la descarga (Valores de K Anexo 9).....	177
6.6.3.5	Energía que entrega la bomba .....	178
6.6.4	Cálculos mecánicos.....	181
6.6.4.1	Análisis de la estructura.....	181
6.6.4.2	Tanque de succión .....	181
6.6.4.3	Elemento Inferior de la estructura (pórtico) .....	187
6.6.4.4	Elemento tercero (intermedio) de la estructura .....	189
6.6.4.5	Tanque de descarga .....	202
6.6.4.6	Cálculo de la estructura de soporte para el tanque de descarga .....	211
6.6.5	Análisis de costos.....	216
6.6.5.1	Costos Directos (CD) .....	216
6.6.5.2	Costos Indirectos .....	218
6.6.5.3	Costo Total (CT) para el sistema de acabados de muebles de madera con cortina de agua .....	220
6.7	Metodología .....	221
6.7.1	Estructura Metálica .....	221
6.8	Administración.....	223
6.8.1	Planeación .....	223
6.8.1.1	Manual de mantenimiento para el mantenimiento de la cámara de acabados con cortina de agua.....	223
6.8.2	Organización .....	224
6.8.3	Dirección.....	224
6.8.4	Control .....	224
6.9	Previsión de la evaluación.....	224
6.9.1	Metodología utilizada para la toma de datos experimentales .....	225
6.9.2	Resultado de las pruebas .....	225
6.9.3	Conclusiones de la Propuesta.....	225
6.9.4	Recomendaciones .....	225
	<b>BIBLIOGRAFÍA: .....</b>	<b>227</b>

<b>ANEXOS</b> .....	<b>229</b>
<b>PLANOS</b> .....	<b>249</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Delimitaciones de la ciudad del Tena-Napo-Ecuador.....	5
Figura 2-1 Sistema de acabados con cortina de agua.....	21
Figura 2-2: Sistema de acabados con filtración de aire.....	23
Figura 2-3: Sistema de acabados en seco.....	24
Figura 2-4: Sistema de acabados con sistema de recuperación.....	26
Figura 2-5 Características principales de la baja capa límite.....	36
Figura 2-6 Composición del aire limpio y seco a nivel del mar. ....	37
Figura 2-7 Clasificación de los contaminantes .....	39
Figura 2-8 Fuentes del Metano .....	41
Figura 2-9 Proceso para la obtención de muebles de madera. ....	51
Figura 2-10 Distribución de la planta para fabricación de muebles de madera. ...	57
Figura 2-11 Layout del área de lijado y montaje .....	58
Figura 2-12 Planta de manufactura completa.....	59
Figura 2-13 Relación de presiones.....	68
Figura 2-14 Flujo en la tubería.....	70
Figura 2-15 Esquema de la ecuación de la energía considerando pérdidas .....	76
Figura 2-16 Acoplamientos.....	79
Figura 2-17 Diagrama de Moody.....	80
Figura 4-1 Comparación entre el taller sin la cámara con cortina de agua y con la cámara con cortina de agua, contaminante COV. ....	104

Figura 4-2 Cámara de acabados para muebles de madera con cortina de agua ..	105
Figura 4-3 Materiales empleados en la práctica del análisis gravimétrico .....	106
Figura 4-4 Pintura aplicada .....	107
Figura 4-5 Muestra obtenida de la cámara de acabados .....	107
Figura 4-6 Balanza digital.....	107
Figura 4-7 Filtración del agua contaminada.....	108
Figura 4-8 Muestra obtenida de los filtros .....	108
Figura 4-9 Proceso de secado de los filtros.....	109
Figura 4-10 Filtros con los sólidos separados .....	110
Figura 4-11: Pregunta 1 - Encuesta docentes .....	119
Figura 4-12: Pregunta 2 - Encuesta docentes.....	120
Figura 4-13: Pregunta 3 - Encuesta docentes .....	121
Figura 4-14 Pregunta 4 - Encuesta docentes .....	122
Figura 4-15: Pregunta 5 - Encuesta docentes .....	123
Figura 4-16: Pregunta 6 - Encuesta docentes .....	124
Figura 4-17: Pregunta 7 - Encuesta docentes .....	125
Figura 4-18 : Pregunta 8 - Encuesta docentes .....	126
Figura 4-19: Pregunta 9 - Encuesta docentes .....	127
Figura 4-20 Pregunta 10 - Encuesta docentes .....	128
Figura 4-21: Chi-Cuadrado .....	132
Figura 4-22: Pregunta 1 - Encuesta estudiantes .....	136

Figura 4-23: Pregunta 2 - Encuesta estudiantes .....	137
Figura 4-24 Pregunta 3 - Encuesta estudiantes .....	138
Figura 4-25: Pregunta 4 - Encuesta estudiantes .....	139
Figura 4-26: Pregunta 5 - Encuesta estudiantes .....	140
Figura 4-27: Pregunta 6 - Encuesta estudiantes .....	141
Figura 4-28: Pregunta 7 - Encuesta estudiantes .....	142
Figura 4-29: Pregunta 8 - Encuesta estudiantes .....	143
Figura 4-30: Pregunta 9 - Encuesta estudiantes .....	144
Figura 4-31: Pregunta 10 - Encuesta estudiantes .....	145
Figura 6-1: Altura necesaria de trabajo .....	158
Figura 6-2: Vertedero Cipolletti (vista frontal).....	159
Figura 6-3: Vertedero Cipolletti (vista lateral).....	159
Figura 6-4 Te.....	162
Figura 6-5: Codo de 90 .....	162
Figura 6-6: Brida.....	163
Figura 6-7: Universal .....	163
Figura 6-8: Unión.....	163
Figura 6-9: Válvula de Globo .....	164
Figura 6-10: Pulsador On/Off .....	165
Figura 6.11 Tanques de descarga y succión.....	165
Figura 6-12: Red de succión .....	174

Figura 6-13: Red de descarga.....	175
Figura 6-14: Sistema de tubería .....	178
Figura 6-15: Medidas del tanque de succión.....	182
Figura 6-16: Estructura tanque de succión y columnas .....	182
Figura 6-17: Viga 1 de Pletina de 20 * 3 .....	183
Figura 6-18: Diagrama de momentos y cortante.....	184
Figura 6-19: Diagrama de momentos y cortante.....	185
Figura 6-20: Viga 2 ángulo (1 * 1 * 1/8) in. ....	187
Figura 6-21: Diagrama de un pórtico simétrico con cargas distribuidas uniformemente. ....	188
Figura 6-22: Viga 3 tubo cuadrado de 20 * 20 * 2.....	189
Figura 6-23: Criterio de compuertas. ....	190
Figura 6-24: Diagrama de corte .....	192
Figura 6-25: Diagrama de Momento Flector Máximo.....	192
Figura 6-26: Viga 5 Tubo cuadrado 20 * 2.....	194
Figura 6-27: Criterio de compuertas .....	195
Figura 6-28: Viga cargada con presiones.....	196
Figura 6-29: Carga Distribuida en forma Trapezoidal.....	197
Figura 6-30: Viga 6 Tubo cuadrado 20 * 2.....	199
Figura 6-31: Presión en Forma Triangular.....	200
Figura 6-32: Viga con carga distribuida en forma triangular.....	201
Figura 6-33: Estructura del tanque de descarga. ....	203

Figura 6-34: Medidas del tanque de descarga.....	203
Figura 6-35: Viga Tubo cuadrado 20 * 2 .....	204
Figura 6-36: Diagrama de Cortante y Momento Flector Máximo .....	205
Figura 6-37: Viga 2 Ángulo (1 * 1 * 1/8) in .....	206
Figura 6-38: Diagrama de un pórtico .....	207
Figura 6-39: Tubo cuadrado de 20 * 20 * 2 .....	208
Figura 6-40: Tubo cuadrado 20 * 2 .....	209
Figura 6-41: Viga cargada con presiones .....	209
Figura 6-42: Viga con carga en forma triangular .....	210
Figura 6-43: Columnas de soporte .....	212
Figura 6-44: Curva ASD para esfuerzos permisibles en columnas .....	215
Figura 6-45: Estructura Metálica .....	222
Figura 6-46: Cortina de Agua .....	222

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Factores a considerar para escoger el producto de terminación.....	10
Tabla 2.2 Tipos de sistemas para recubrimiento de maderas .....	14
Tabla 2.3 Elegir un recubrimiento .....	15
Tabla 2.4 Ficha técnica cortina de agua .....	22
Tabla 2.5 Ficha técnica cortina de agua .....	22
Tabla 2.6 Ficha técnica sistema de acabados con filtración de aire.....	24
Tabla 2.7 Ficha técnica sistema de acabados con filtración de aire.....	24

Tabla 2.8	Ficha técnica cabinas en seco.....	25
Tabla 2.9	Ficha Técnica cabinas en seco .....	25
Tabla 2.10	Ficha técnica sistema de recuperación .....	26
Tabla 2.11	Características de los disolventes.....	49
Tabla 2.12	Características de los disolventes.....	50
Tabla 2.13	Límites Máximos Permisibles Para Emisiones Gaseosas .....	51
Tabla 2.14	Rugosidad de tubos .....	79
Tabla 3.1	Sistemas de acabado para muebles de madera.....	88
Tabla 3.2	Producción del área de carpintería .....	89
Tabla 3.3	Plan de recolección de datos .....	90
Tabla 4.1	Evaluación del peso específico de cada criterio.....	93
Tabla 4.2	Evaluación del peso específico del criterio Costo .....	94
Tabla 4.3	Evaluación del peso específico del criterio Espacio .....	95
Tabla 4.4	Evaluación del criterio de Manejo .....	96
Tabla 4.5	Evaluación del peso específico del criterio Montaje .....	97
Tabla 4.6	Evaluación del peso específico del criterio Mantenimiento .....	98
Tabla 4.7	Evaluación del peso específico del criterio Consumo Energético .....	99
Tabla 4.8	Ponderación.....	100
Tabla 4.9	Muestras obtenidas de COV .....	101
Tabla 4.10	Resultados obtenidos por LACONAL .....	110
Tabla 4.11	Toma de tiempos del proceso manual de la construcción de un armario en L.....	114

Tabla 4.12 Toma de tiempos del proceso estándar de la construcción de un armario en L.....	115
Tabla 4.13 Costo del proceso manual de la construcción de un armario en L...	116
Tabla 4.14 Costo del proceso estándar de la construcción de un armario en L .	117
Tabla 4.15 Tabulación pregunta 1 – Encuesta a docentes .....	119
Tabla 4.16 Tabulación pregunta 2- Encuesta a docentes .....	120
Tabla 4.17 Tabulación pregunta 3 – Encuesta a docentes .....	121
Tabla 4.18 Pregunta 4 - Encuesta Docentes.....	122
Tabla 4.19 Tabulación pregunta 5 – Encuesta a docentes .....	123
Tabla 4.20 Tabulación pregunta 6 – Encuesta a docentes .....	124
Tabla 4.21 Tabulación pregunta 7 – Encuesta a docentes .....	125
Tabla 4.22 Tabulación pregunta 8 – Encuesta a docentes .....	126
Tabla 4.23 Tabulación pregunta 9 – Encuesta a docentes .....	127
Tabla 4.24 Tabulación pregunta 10 – Encuesta a docentes .....	128
Tabla 4.25 Frecuencias observadas por docentes .....	133
Tabla 4.26 Frecuencias esperadas por docentes.....	134
Tabla 4.27 Cálculo del Chi-Cuadrado.....	135
Tabla 4.28 Tabulación pregunta 1 – Encuesta a Estudiantes .....	136
Tabla 4.29 Tabulación pregunta 2 – Encuesta a Estudiantes .....	137
Tabla 4.30 Tabulación pregunta 3 – Encuesta a Estudiantes .....	138
Tabla 4.31 Tabulación pregunta 4 – Encuesta a Estudiantes .....	139
Tabla 4.32 Tabulación pregunta 5 – Encuesta a Estudiantes .....	140

Tabla 4.33 Tabulación pregunta 6 – Encuesta a Estudiantes .....	141
Tabla 4.34 Tabulación pregunta 7 – Encuesta a Estudiantes .....	142
Tabla 4.35 Tabulación pregunta 8 – Encuesta a estudiantes.....	143
Tabla 4.36 Tabulación pregunta 9 – Encuesta a estudiantes.....	144
Tabla 4.37 Tabulación pregunta 10 – Encuesta a Estudiantes .....	145
Tabla 4.38 Frecuencias Observadas por estudiantes.....	146
Tabla 4.39 Frecuencias esperadas por estudiantes.....	147
Tabla 4.40 Cálculo del Chi-cuadrado .....	148
Tabla 6.1 Datos generales de la propuesta .....	153
Tabla 6.2 Características de la bomba centrífuga PK60 .....	160
Tabla 6.3 Válvula de globo .....	164
Tabla 6.4 Pulsador.....	165
Tabla 6.5 Cálculo de pérdidas por accesorios y tubería en la succión.....	176
Tabla 6.6 Cálculo de pérdidas por accesorios y tubería en la descarga.....	177
Tabla 6.7 Costo de materiales mecánicos .....	216
Tabla 6.8 Costos de materiales para el sistema de tuberías (CST) .....	217
Tabla 6.9 Costo Materiales Varios.....	218
Tabla 6.10 Costos directos .....	218
Tabla 6.11 Costos de uso de maquinaria (CUM).....	219
Tabla 6.12 Costos de mano de obra (CMO) .....	219
Tabla 6.13 Costos Indirectos.....	220

Tabla 6.14 Costo Total 1 .....	220
Tabla 6.15 Costo Total 2.....	221
Tabla 6.16 Estructura .....	223

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**INGENIERÍA MECÁNICA**

“ESTUDIO DE SISTEMAS DE ACABADO PARA MUEBLES DE MADERA Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE CARPINTERÍA EN EL COLEGIO “JUAN XXIII” EN LA CIUDAD DEL TENA - NAPO”

**Autor:** José David Pincha Miranda

**Tutor:** Ing. Mg. Jorge Guamanquispe

**Fecha:** 13 de Enero del 2014

#### **RESUMEN**

En la presente investigación se determinó el mejor sistema de acabados para muebles de madera, por medio de ponderaciones, de tal forma que se pueda implementar en el ambiente de trabajo de Instituto Tecnológico “JUAN XXIII” de la ciudad del Tena-Napo.

En el estudio se realizó un análisis de los distintos sistemas de acabados, los cuales se pueden utilizar dentro de la industria maderera de la ciudad mencionada, además, se impulsó la investigación de nuevos sistemas para disminuir costos de producción e instalación de este tipo de procesos mediante la construcción e implementación del sistema de acabados con una cortina de agua.

Al igual se pudo determinar los valores para sistemas hidráulicos, factores de diseño e impacto ambiental, los cuales son relevantes al momento de la toma de decisiones para elegir un sistema adecuado de acabados, y de esta manera poder controlar de una manera eficaz el proceso y no tener ninguna clase de inconveniente al momento de utilizar el sistema antes mencionado.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Tema de investigación**

“ESTUDIO DE SISTEMAS DE ACABADO PARA MUEBLES DE MADERA Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE CARPINTERÍA EN EL COLEGIO “JUAN XXIII” EN LA CIUDAD DEL TENA - NAPO”

### **1.2 Planteamiento del problema**

#### **1.2.1 Contextualización**

La humanidad ha iniciado una era de cambios y transformaciones caracterizada por progresos tecnológicos, sociales, mayor competencia nacional e internacional y un mercado deseoso de progreso, para esto las organizaciones tendrán que realizar cambios empresariales que busquen nuevas técnicas, programas y visiones, con líderes capaces, preparados, proactivos y así estar a la par de grandes empresas, además, en una Institución Educativa el impartir un conocimiento tecnológico adecuado con una buena visión y misión hace que los estudiantes apliquen su potencial en el campo que vayan a laborar.

En nuestro país se nota que existen deficiencias en la fabricación de muebles de madera, en especial en el proceso final del área de acabados, por ello se hace necesario el estudio de estos sistemas, los cuales deben ayudar a la maximización de tiempos y mejorar los servicios que se prestan en este tipo de talleres, así los empresarios podrán conocer la tecnología que tienen a su alcance.

Esta manera de ver la situación mundial, hace notar que no podemos quedarnos estancados y debemos ir a la par de lo que exige la actualidad.

Por ello es necesario crecer con este tipo de estudios de sistemas que ayuden a mejorar la calidad de los productos finales para ser competitivos en una globalización que cada vez crece de manera rápida.

A nivel nacional son muy pocas las empresas inmersas en este tipo de tecnología e implementación de sistemas para mejorar la calidad de los productos finales, además, las empresas madereras que existen utilizan formas empíricas en la construcción de sus productos, es decir, sin normas que rijan la seguridad y el diseño de las mismas, razón por la cual no cuentan con las certificaciones necesarias. Por lo tanto, el acabado no es satisfactorio, lo que hace que la pequeña empresa no sea competitiva para enfrentar las nuevas exigencias del mercado.

### **1.2.2 Análisis crítico**

El presente proyecto está orientado a facilitar la apertura de nuevas fuentes de investigación.

Se trata de un estudio que analiza el mejor sistema que se pueda implementar para mejorar la producción y la calidad en el área de muebles de madera, y por lo tanto, optimizar el acabado de los mismos en los talleres del país. Este estudio es necesario debido a que la mayoría de los diseños actuales no cumplen con los requerimientos de comodidad y seguridad para el usuario, es decir, no son ergonómicos, ya que los mismos tienen falencias y constituyen un riesgo laboral lo que ocasiona más problemas.

Se debe considerar que los talleres existentes en el país son artesanales, es decir no cumplen con parámetros fijos en su forma de trabajar, dando al constructor un margen de error visible, bajando considerablemente la calidad del producto y su competitividad en el mercado nacional.

Además, el estudio de este tipo de sistemas ayuda a que los estudiantes mejoren sus conocimientos y den un mejor servicio a la comunidad en el tipo de trabajo que vayan a realizar. También incentivará a estudiantes y personas en general a ser más competitivos dentro de las opciones que posee la Institución beneficiaria en la cual se desarrollara el estudio.

Con la presente investigación se pretende elevar el interés de los estudiantes en cuanto a la importancia de las máquinas y la tecnología que estos pueden tener para obtener un excelente producto final, también se consideró los patrones de seguridad óptimos para obtener una confiabilidad elevada al utilizar el sistema que se elija como la mejor alternativa en el desarrollo de la productividad de muebles, y a la vez, cuidar de la salud de las personas que lo utilizarán.

En el Instituto JUAN XXIII se hace necesario el estudio de estos sistemas, debido a que, al optimizar los procesos involucrados en la producción de los muebles de madera, se ahorra tiempo y recursos económicos. Además el estudio de estos sistemas y normas aplicadas en el mismo serán enriquecedoras en la parte académica de los estudiantes y beneficiará tanto a la Institución donde se realizará el estudio como a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Por último, se puso de manifiesto ciertas consideraciones en cuanto a relaciones de trabajo y funcionamiento de los procesos involucrados en la obtención de muebles de madera, los mismos que están orientados a brindar una herramienta de trabajo útil para quienes se vean directa o indirectamente ligados a este tipo de producción, a más de un acceso ágil a la información necesaria.

### **1.2.3 Prognosis**

Al no existir una tecnología adecuada en los talleres del país, se evidencian falencias en los mismo, empezando por la salud de las personas que están involucradas en este tipo de producción, en las cuales se desarrollan lesiones tanto de tipo exterior como interior en su organismo, que pueden ser a corto o largo plazo, todo ello dependerá del estado físico que posea la persona, además que la capacidad de los estudiantes de la Institución puede disminuir ya que debido a su juventud son más propensos a tener problemas, incluso con su capacidad retentiva e intelectual.

La poca información técnica que tienen por el momento los estudiantes, pueden llegarles a ocasionar malestar en sus vidas futuras, ya que se pueden quedar estancados en un mundo que día a día crece de manera rápida, y si ellos no están a la par de las circunstancias actuales, las pequeñas empresas que ellos implanten

serán absorbidas por las grandes empresas, por lo tanto, su expectativa de vida estaría bajo las condiciones de otras personas y su calidad de vida no sería óptima.

Otro problema surge cuando se producen accidentes al momento de la utilización de maquinaria, ya que la mayoría de las veces que ocurren los mismos se ven involucradas personas con poca destreza o con problemas emocionales, dando en varias ocasiones resultados muy desfavorables y ocasionando lesiones graves.

De no llevarse a cabo el presente estudio, se desconocería como incrementa la producción y por lo tanto la eficiencia en la Institución, afectando directamente a los estudiantes y su nivel académico, así como también, los efectos derivados de estos problemas, que serían: la pérdida de recursos económicos y tiempo de las personas que siguen la carrera artesanal de carpintería.

#### **1.2.4 Formulación del problema**

¿Qué efecto producirá un estudio de los sistemas de acabado para incrementar la producción de los muebles de madera en el colegio JUAN XXII?

#### **1.2.5 Preguntas directrices**

- ¿Cómo se realiza el proceso de acabados en los muebles de madera?
- ¿Qué factores externos intervienen en el proceso de acabado?
- ¿Qué parámetros de producción se controlan en los acabados de los muebles de madera?
- ¿El tipo y tamaño de los muebles influyen a la hora de realizar el trabajo expuesto?

#### **1.2.6 Delimitación del problema de investigación**

##### **1.2.6.1 Delimitación de contenido**

**Tema:** Estudio de sistemas de acabado para muebles de madera y su efecto en la producción del área de carpintería en el colegio JUAN XXIII en la ciudad del Tena – Napo.

**Aspecto:** Comprobativo, en cuanto a que sistema es el más adecuado para mejorar la producción de los acabados en los muebles de madera en el colegio Juan XXIII.

**Campo:** Ingeniería Mecánica.

### 1.2.6.2 Delimitación Espacial

Provincia: Napo, Capital: Tena Altitud: 510 m.s.n.m. Fundación: 30 de Abril de 1969. Límites: Cerca y alrededor de la ciudad de Tena existen elevaciones menores como el Pasourco, Pullurco, Chiuta, Tamburo, Itaurco, etc. La Cordillera de Galeras entra al territorio del Cantón Tena, en el sector donde nace el río Pusuno, en la línea divisoria con el Cantón Loreto (Provincia de Orellana). Temperatura promedio: 25°C.

Posee un clima cálido-húmedo con temperatura promedio de 25 °C y humedad del 90 al 100 %. Tena tiene 15 661 habitantes, en el cantón viven 51 640 habitantes, 35 979 en el área rural. La ciudad está dividida en 1 parroquia, la cual se subdivide en barrios como se muestra en la figura 1.1

<b>Pais</b>	 Ecuador
▪ <b>Provincia</b>	 Napo
▪ <b>Cantón</b>	 Tena
<b>Ubicación</b>	 0°59'34"S 78°09'02"O
▪ <b>Altitud</b>	510 msnm
▪ <b>Distancias</b>	186 km a Quito 428 km a Guayaquil 587 km a Loja
<b>Fundación</b>	15 de Noviembre de 1560 (Gil Ramírez Dávalos)
<b>Población</b>	28.800 (INEC 2010) hab.
<b>Gentilicio</b>	tenense
<b>Pref. telefónico</b>	593 6
<b>Alcalde</b>	Washington Varela Salazar
<b>Fiestas mayores</b>	11-15 (fiesta de fundación)
<b>Sitio web</b>	<a href="http://www.tena.gov.ec/">http://www.tena.gov.ec/</a> 

Figura 1-1 Delimitaciones de la ciudad del Tena-Napo-Ecuador

Fuente: GOBIERNO DEL TENA, 2011

### **1.2.6.3 Delimitación Temporal**

El presente proyecto se desarrollará en los meses de Diciembre 2012 a Enero 2014.

### **1.3 Justificación**

El presente estudio es reflejo y reporte de todos los conocimientos adquiridos durante la carrera estudiantil de Ingeniería Mecánica en la Universidad Técnica de Ambato.

Se describen conceptos y temas importantes e indispensables para el desarrollo del estudio en diferentes procesos de manufactura, principios básicos de la cimentación necesaria y de los posibles anclajes que pueden ser utilizados para los distintos sistemas que están ligados a los acabados en la producción de muebles de madera, durante el montaje y la instalación de equipos industriales que sean afines con el tema tratado.

Este tema de investigación se rigió a normas establecidas por distintos organismos de fabricación y respetando sus especificaciones, es de mucha importancia el conocimiento del procedimiento de acabados y todo lo que éste directa o indirectamente ligado a este proceso, por lo que, se ejemplificará este proceso desde la verificación después de la instalación del mismo, hasta la operación normal del sistema más adecuado para mejorar la producción de los acabados, por medio de datos estadísticos o simulaciones de los procesos involucrados.

Los talleres que poseen los planteles educativos, y que ofrecen un título artesanal en la rama de carpintería son muy pocos en nuestro país, además de no tener buenas instalaciones, por ello, se hace necesario el estudio de este tipo de sistemas y de mejores lugares para la capacitación de los jóvenes, de esta manera ayudar en su crecimiento intelectual y personal con la aplicación de estos conocimientos en la vida práctica.

En nuestro país los talleres artesanales que procesan madera existen en abundancia, en muchos de estos se observa la falta de innovación y tecnificación en sus trabajos, generando que sus productos no sean competitivos en el mercado,

razón por la cual, el tener un sistema que ayude a optimizar este tipo de trabajo y que además llene la expectativa en lo que se refiere a calidad y preferencia del cliente, sería muy rentable, además que fomentará la competencia y así la disminución de precios, con ello se favorece incluso al consumidor final, y se tendrá la posibilidad de exportar muebles de fabricación ecuatoriana con la misma calidad internacional con acabados de calidad.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Estudiar los distintos sistemas de acabado para muebles de madera en el colegio “Juan XXIII” y su efecto en la producción en el área de carpintería en la ciudad del Tena - Napo.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Estudiar los sistemas involucrados en el acabado de los muebles de madera.
- Evaluar los agentes externos en el taller y la elección de productos que afectan la producción en los muebles de madera.
- Evaluar los parámetros de producción de los muebles de madera en distintos tipos de ambientes en los cuales se trabaja.
- Determinar el desempeño del sistema de acabados en la fabricación de distintos tipos de muebles de madera.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes investigativos

Para la siguiente investigación se tomó en cuenta distintos sistemas de acabados que se utilizan en la industria internacional, dentro de los cuales tenemos referentes en los que nos basamos para realizar el estudio expuesto.

Debido a que estos talleres tienen una baja incidencia en la producción nacional, se podría decir que no se ha efectuado ninguna investigación para saber cómo afectará a la población que produce este tipo de trabajo, por ello es apropiado tener un estudio técnico para así poder llevar a estos talleres a un nuevo grado de competencia y progreso.

Al existir poca investigación para el estudio de este tipo de sistemas en una Institución Educativa, el mismo se hace necesario ya que muchos talleres incluidos los educativos, no abarcan normas, reglamentos y criterios para tener un producto de calidad, además de no poseer los estándares, en especial los señalados por los distintos órganos de seguridad e higiene, por lo que de este hecho se deriva que es necesario que se realice el estudio de los sistemas que mejoren claramente el proceso final y el aspecto físico de los muebles de madera, además de cuidar la integridad de las personas.

Por ello es necesario realizar este estudio, para llegar a una selección apropiada del mejor sistema que ayude con el incremento de la producción como de la calidad y así mejorar el estilo de vida de las personas e incrementar los parámetros de seguridad e higiene, como también proporcionar un referente para el estudio de algún otro tipo de sistemas que sean necesarios en los distintos procesos que tiene esta producción.

## **2.2 Fundamentación filosófica**

El presente trabajo investigativo filosóficamente se ubica en un paradigma crítico-propositivo ya que la investigación es de campo, práctica y además bibliográfica para de esta manera aportar a una solución positiva al problema.

## **2.3 Categorías fundamentales**

Con la aplicación de la Ingeniería de Métodos, específicamente en una empresa de fabricación de muebles, se pretende mejorar sus técnicas de trabajo ahorrando movimiento de materiales, trabajadores y fomentando la utilización de máquinas, equipos, terreno y edificios, lo que incide en un análisis de valor, permitiendo mejorar los tiempos de producción y por lo tanto en la economía directa de las empresas ligadas al estudio, en este sentido la Ingeniería de Métodos intenta minimizar el trabajo innecesario generado, la mayoría de las veces por causas de un mal diseño del producto o la gestión de métodos y procesos ineficaces.

Vale señalar que estas causas son muy frecuentes en la industria de la madera, se da básicamente por la ausencia total de un proceso de diseño en los centros de trabajo, lo cual conlleva a un pobre diseño del producto, sin normalización y lejos de normas de calidad, al transformar la materia prima con relación a los métodos y procesos ineficaces, la mejor opción es emplear instrumentos de la Ingeniería de Métodos, donde la técnica sea el registro de la información en formatos normalizados.

Dichos registros se hacen para obtener una visión más clara que sea capaz de:

- Verificar si los datos generados están completos.
- Transferir datos de forma eficaz en el menor tiempo posible.
- Suministrar un medio eficaz de comparación.

### 2.3.1 Estudio de sistemas de acabado

#### 2.3.1.1 Aplicación del proceso final de la madera (acabado)

Los tratamientos de acabado superficial, además de embellecer la madera proporcionan una importante protección, permitiendo que mantenga su apariencia en el tiempo, el éxito de la terminación superficial, depende de:

- Escoger el producto adecuado según la severidad de las condiciones a que está expuesta la madera.
- La correcta aplicación del producto.
- El adecuado y oportuno mantenimiento.

#### 2.3.1.2 Factores a considerar para escoger el producto de acabado

En la tabla 2.1 se muestran los principales factores que se debe tomar en cuenta al momento de decidir qué tipo de producto aplicar.

**Tabla 2.1 Factores a considerar para escoger el producto de terminación**

Condición de exposición	Exterior intemperie Exterior protegido Interior	Acción directa del sol y lluvia Protegido por aleros Interior de recinto
Condición de uso	Desgaste Limpieza frecuente Resistencia a químicos	Pisos Cubiertas de mesas Cubiertas y muebles
Acabado	Transparente Teñido Color	Mantiene color original Deja ver la veta de la madera Cubre completamente
Brillo	Brillante, semi-brillo, satinado u opaco	Acabados brillantes son más resistentes a la acción mecánica y a la limpieza
Condición de exposición	Exterior intemperie Exterior protegido Interior	Acción directa del sol y lluvia Protegido por aleros Interior de recinto

**Fuente: TEKNO, PARACAS, PHILAAC, 2010**

**Factores a considerar para escoger el producto de acabado. (Continuación)**

Condición de uso	Desgaste Limpieza frecuente Resistencia a químicos	Pisos Cubiertas de mesas Cubiertas y muebles
Acabado	Transparente Teñido Color	Mantiene color original Deja ver la veta de la madera Cubre completamente
Brillo	Brillante, semi-brillo, satinado u opaco	Acabados brillantes son más resistentes a la acción mecánica y a la limpieza
Condición especial	Protección contra hongos, algas e insectos	En caso de aplicaciones exteriores o ambiente de alta humedad (baños, cocinas)
Duración	Tiempo entre mantenciones	El mantenimiento hay que hacerlo antes que falle el tratamiento.
Costo	Producto Rendimiento Dilución	\$/galón m2/galón ó m2 /litro Como % del volumen de pintura, con el disolvente adecuado.
Manos	Manos para conseguir el resultado deseado	Varía según el tratamiento
Aplicación	Brocha, rodillo, pistola o guaípe	Varía según el tratamiento
Brillo	Brillante, semi-brillo, satinado u opaco	Acabados brillantes son más resistentes a la acción mecánica y a la limpieza
Condición especial	Protección contra hongos, algas e insectos	En caso de aplicaciones exteriores o ambiente de alta humedad (baños, cocinas)
Duración	Tiempo entre mantenciones	El mantenimiento hay que hacerlo antes que falle el tratamiento.
Costo	Producto Rendimiento Dilución	\$/galón m2/galón ó m2 /litro Como % del volumen de pintura, con el disolvente adecuado.
Manos	Manos para conseguir el resultado deseado	Varía según el tratamiento
Aplicación	Brocha, rodillo, pistola o guaípe	Varía según el tratamiento

**Fuente: TEKNO, PARACAS, PHILAAC, 2010**

### **2.3.1.3 Pinturas**

Tratamiento que forma una película de color sobre la madera, las más comunes son:

#### **a) Esmalte al agua**

Es una pintura en base acuosa de uso interior y exterior, terminación satinada, lavable, de rápido secado, sin dejar olor; permite habilitar de inmediato los espacios pintados además proporciona un gran rendimiento y excelente poder cubridor, tiene incorporado agentes protectores, inhibe el crecimiento de algas y hongos en ambientes húmedos.

#### **b) Oleo sintético**

Es una pintura formulada a base de resinas alquídicas, de fácil aplicación, posee muy buen poder cubridor, forma una película brillante de buena dureza y elasticidad, resistente a la intemperie.

#### **c) Esmalte sintético**

Producto de base solvente, con alto brillo, muy resistente a la limpieza.

### **2.3.1.4 Barnices**

Es un tratamiento que forma una película transparente sobre la madera.

#### **a) Características**

Se aplica barniz a la madera y otras superficies con objeto de preservarlas de la acción de la abrasión, agua y agentes atmosféricos, también tiene una función decorativa, ya que se le pueden añadir tintes, con el fin de cambiar su color.

Fundamentalmente, son una mezcla de aceites, resinas y disolventes, después de aplicarlo, el disolvente se evapora por el efecto del aire o por el efecto de los disolventes sintéticos, dejando la resina o material protector sobre la superficie.

## a) **Tipos de barnices**

Los barnices se pueden agrupar según la resina o material que los compone, así como el disolvente empleado.

### ➤ **Laca de nitrocelulosa**

Es un tratamiento que se aplica en muebles, como acabado final sobre sellador y tinta, es de fácil aplicación y de secado rápido, su desventaja es que no es resistente al agua, químicos ni desgaste.

### ➤ **Poliuretano**

Son populares en el tratamiento de madera, tarima o parquet, es un material impermeable, resistente a la abrasión y longevos, se lo encuentra en tres formatos:

### ➤ **Base acuosa**

Comúnmente conocidos como "Barniz al agua", se encuentran en mono-componente o bicomponente (A & B, resina y catalizador), con una toxicidad de exposición y uso baja, se curan por evaporación y humedad, tienen una buena resistencia a la abrasión y agua, mejor resistencia a los rayos UV que los barnices estándar además no se amarillean u oscurecen.

### ➤ **Base disolvente**

Se encuentran normalmente en formato A & B, buena resistencia a la abrasión y agua, poseen alta toxicidad en la aplicación, y baja-mediana durante su uso, se curan por la evaporación del disolvente al contacto con el aire, estos se oscurecen a la madera al contacto directo.

### ➤ **Base aceite**

Es monocomponente, buena resistencia a la abrasión y alta resistencia al agua.

### ➤ **Urea-Formol**

Se encuentra en bicomponente es de toxicidad media en la aplicación y baja durante el uso, tienen buena resistencia a la abrasión, pero muy baja frente al agua y la grasa.

➤ **Piroxilina**

Este tipo de barniz está creado con base de nitrocelulosa y ha sido el más usado en la industria del mueble, es el denominado sellador de madera, el cual es utilizado al final del proceso para las distintas terminaciones que se aplican en los muebles.

c) **Acabado**

- Brillo: 90% refracción de luz.
- Satinado o semi-brillo: 40% refracción de luz.
- Mate: 10% refracción de luz.

Los químicos utilizados para un proceso de lacado son de distintos tipos, los cuales van a depender de la calidad del proceso y del mercado al que estamos dirigiéndonos, sin embargo la base de la materia prima es [1]:

- Resina álcide.
- Resina urea formaldehído.
- Ácido sulfónico prolueno.
- Solventes.
- Resina maleico o aceite de tungsteno.
- Aditivos.
- Alcohol mineral.
- Resina acrílica.
- Pigmentos.

**Tabla 2.2 Tipos de sistemas para recubrimiento de maderas**

<b>Alquídic</b>	<b>Nitrocelulosa</b>	<b>Catalizado</b>	<b>Poliuretano</b>	<b>Polyester</b>
Barniz marino Barniz doble Acción	Laca selladora	Laca catalizada	Varios existentes en el mercado	Varios existentes en el mercado

**Fuente: TEKNO, PARACAS, PHILAAC, 2010**

**Tabla 2.3 Elegir un recubrimiento**

<b>Producto</b>	<b>Dureza</b>	<b>Resistencia a la intemperie</b>	<b>Resistencia al calor</b>	<b>Resistencia a químicos</b>
BARNIZ MARINO	Baja	Muy buena	Regular	Mala
BARNIZ D/D	Alta	Buena	Muy buena	Muy buena
SISTEMA ALQUÍDICO	Baja	Regular	Mala	Mala
SISTEMA NITROCELULOSA (LACA)	Regular	Mala	Regular	Mala
SISTEMA POLIURETANO	Alta	Muy buena	Muy buena	Muy buena
SISTEMA POLIESTER	Alta	Muy buena	Muy buena	Muy buena

**Fuente: TEKNO, PARACAS, PHILAAC, 2010**

De las tablas 2.2, 2.3, podemos dar una explicación de cada uno de los elementos que están involucrados para los sistemas de acabados en los muebles de madera, tenemos distintos tipos de acabados los cuales se clasifican de la siguiente manera:

### **2.3.1.5 Los Alquídicos**

Son pinturas con una serie de ventajas respecto a los acrílicos y a los óleos, pero hay que recordar que para unos es una ventaja para otros puede ser una desventaja.

#### **a) Ventajas de los alquídicos**

Comparados con los óleos, los alquídicos son más elásticos y duros, secan en aproximadamente un día dependiendo del estado atmosférico, mientras que los óleos pueden tardar semanas en secar, el secado del alquídico es más lento que el del acrílico, lo que permite trabajar sin prisas pudiendo obtener degradados de color que serían más complicados de realizar con acrílicos.

## **b) Composición**

Los alquídicos están compuestos por pigmentos y resina alquídica modificada con aceites, el aglutinante de estas pinturas contiene un disolvente que permite que su secado sea más rápido que el óleo convencional y más lento que los acrílicos, por lo que la permanencia de los colores alquídicos es excelente.

### **2.3.1.6 Nitro-celuloso**

El sellador nitro-celuloso, es un producto de un solo componente el cual se utiliza para sellar los poros de la madera, es un sellador de excelente lijabilidad y buen rendimiento lo que permite mayor agilidad en los procesos de sellado.

## **a) Usos**

Es especialmente diseñado para sellar poros en superficies de madera en interiores, como ventajas de este producto tenemos alto poder de sellamiento, economía en las manos de aplicación y alto rendimiento, se utiliza para sellado de muebles en general, mesas, alcobas, escritorios, cocinas, closets, comedores, etc.

## **b) Preparación de la superficie**

La superficie a sellar debe estar bien lijada y libre de humedad, polvo, mugre, grasa, en fin de todo agente que pueda cambiar las propiedades físicas o químicas de los productos aplicados.

## **c) Aplicación**

Se puede aplicar con brocha o pistola, se recomienda no dar un espesor del sellador muy grueso para así evitar inconvenientes en el proceso de pintura, en cuanto a dilución se sugiere una mezcla de una parte de sellador agregar de 2 a 3 partes de adelgazador (thinner) y aplicar el número de manos necesarias según el tipo de acabado deseado, es necesario revolver muy bien la mezcla ya que el sellador es de alta viscosidad.

Es recomendable cuando se aplica con pistola utilizar una presión aproximada entre 40 y 50 psi, o lo sugerido por el fabricante.

Cuando se aplican manos dobles de sellador, se recomienda dejar secar la primera mano doble, por un espacio de media hora antes de dar la segunda mano para evitar inconvenientes en el proceso de pintura.

Es importante tener en cuenta que siempre debemos lijar entre capa y capa para permitir una mejor adherencia.

**d) Secado**

- Al tacto de 10 – 15 minutos.
- Para manos intermedias 1 hora.
- Para lijar en seco 8 – 12 horas.

**e) Dilución**

Para la dilución el THINNER, recomendando que sea de muy buena calidad ya que se lo utilizará para reducir la viscosidad de la pintura y así poder mantener los atributos y características del producto.

**f) Elementos de aplicación**

Pueden variar de acuerdo a la técnica de aplicación, espátula, brocha, trapo o pistola.

**g) Manejo y Recomendaciones**

- Lije muy bien la superficie antes de aplicar y en el proceso de pintura entre capa y capa para así permitir una mejor adherencia.
- Drene el compresor periódicamente para evitar la aparición de manchas de aceite o gotas de agua.
- Utilice una pistola de aplicación en buen estado para que pueda dar perfecta pulverización y proyección de las capas de pintura.
- Una vez que el sellador haya sido lijado es indispensable retirar muy bien el polvillo con un trapo bien limpio y que no suelte pelusa para luego aplicar aire y proceder a aplicar el acabado final.
- Almacenar lejos de cualquier fuente de ignición y en lugares ventilados.

- Se debe trabajar en lugares bien ventilados y usar siempre elementos de protección como mascarillas, guantes, etc.
- Mantenga el producto fuera del alcance de los niños.

#### **h) Catalizador**

Un catalizador propiamente dicho es una sustancia que está presente en una reacción química en contacto físico con los reactivos, acelera, induce o propicia dicha reacción sin actuar en la misma.

#### **2.3.1.7 Poliuretano**

El poliuretano es un agente químico ampliamente utilizado en diversos procesos industriales. Fue en 1937, cuando el químico alemán Otto Bayer, logró la primera sintetización del poliuretano.

Hoy en día, el poliuretano es muy usado en fabricación de pinturas sintéticas, destacándose la de los automóviles, las cuales logran una alta adherencia al metal y gran resistencia a la inclemencia del tiempo, ya sea en verano o en invierno.

Otro punto a favor del poliuretano, es que resiste muy bien el impacto de solventes químicos con lo cual puede ser utilizado en una amplia gama de procesos productivos.

De la misma manera contiene una flexibilidad mayor, a la de otros agentes similares, con la característica especial que al ser manipulado retorna a su forma original.

#### **2.3.1.8 Polyester**

Es un producto fabricado a partir de polímeros sintetizados. Tiende a ser muy elástico y de secado rápido, resistente al daño biológico como el moho, fácil de lavar, el poliéster es muy inflamable por lo que se debe tener cuidado al usarlo.

La mayoría de los tejidos sintéticos están sujetos a la inflamabilidad, por naturaleza, porque están hechas de polímeros, el Poliéster no solo es usado en

textiles, está hecho de tereftalato de polietileno (PET), el mismo material usado para hacer botellas de plástico, el poliéster es un material plástico inventado en Gran Bretaña a principios de 1940 por dos colegas que trabajan con polímeros sintéticos. En la década de 1950 el nuevo textil despegó por su facilidad de mantenimiento, resistencia a la caída y versatilidad.

### **2.3.1.9 Barniz Marino**

Es de alto grado de resistencia al agua del mar, al sol y a las brumas marinas es impermeable, ideal para cualquier superficie de madera exterior (puentes, palos, camarotes, etc.), con la excepción de la parte sumergida del casco de los barcos.

#### **a) Propiedades**

- La buena flexibilidad de la película hace que el barniz pueda seguir las variaciones dimensionales de la madera.
- Alto grado de resistencia al agua del mar, al sol y las brumas marinas.
- Excelente resistencia a las presiones mecánicas (rozamientos, abrasiones, choques) y a la intemperie.

#### **b) Preparación**

- Madera no tratada: cepillar y quitar el polvo.
- Madera ya barnizada: lijar suavemente con papel de lija de grano fino, Si el barniz anterior se ha desprendido en escamas, eliminar la capa con químicos adecuados para la situación.

#### **c) Aplicación**

- Agitar bien antes de usar. Aplicar dos o tres capas con pincel o pistola sobre la madera limpia, seca y sin grasa con el fin de conseguir un acabado de alta calidad, lijar suavemente entre capas con un papel de lija fino, quitar el polvo cuidadosamente y aplicar la siguiente capa.
- Temperatura ideal de aplicación entre 10 y 25°C.

#### **d) Formatos Aspecto Colores**

- Incoloro/Sombreado.

- Aspecto: brillante.

#### **2.3.1.10 Barniz Doble Acción**

Es un producto elaborado con resinas alquídicas modificadas de muy alta calidad que al secar forman una película resistente a la humedad, agua salada y radiación ultravioleta de la luz solar, el mismo que se seca rápidamente y retiene el alto brillo por un tiempo más prolongado.

##### **a) Características**

- Color: Transparente
- Acabado: Brillante
- Almacenaje: 12 meses

##### **b) Preparación de Superficie**

La madera debe estar lijada, seca y libre de suciedad, grasa u otro contaminante.

##### **c) Aplicación**

- Método de aplicación: Soplete, brocha.
- Tipo de sustrato: Madera tratada.
- Diluyente: Aguarrás (023-0002).
- Dilución: Soplete: 20 - 25 % máximo.
- Brocha: 15 - 20 % máximo.
- Secado tacto: Entre 4 horas.
- Secado duro: 16 - 24 horas.
- Repintado: Mínimo 12 horas.
- Espesor seco recomendado: 1.5 mm/capa.

##### **d) Usos**

Se recomienda para la protección de marcos, puertas y ventanas al exterior e interior, en la protección de maderas de embarcaciones marinas o en permanente contacto con humedad.

### 2.3.2 Ponderaciones para un sistema de acabados para muebles de madera

Para elegir la mejor opción de un sistema de lacados se basó en una matriz de decisión, utilizando criterios ponderados y acordados. Esta herramienta se emplea para asignar prioridades a problemas, tareas, soluciones u otras opciones posibles, ya que la misma es posible usarla para evaluar y disminuir una lista de soluciones potenciales de un problema, esta matriz se la utiliza cuando se necesita seleccionar y ubicar las opciones en forma prioritaria, así mismo, esta herramienta ayuda a reducir el número de alternativas, de modo que sea posible tomar decisiones con mayor facilidad.

### 2.3.3 Sistemas de acabados con cortina de agua

La figura 2.1 muestra una cámara con cortina de agua.



**Figura 2-1 Sistema de acabados con cortina de agua**

**Fuente: (Directindustry, 2009)**

#### 2.3.3.1 Ventajas de la cabina con cortina de agua

- Mejora la producción de la empresa.
- Ahorro en la materia prima.
- Procesos más limpios.
- Procesos más seguros dentro y fuera de la empresa.
- Crean una atmósfera artificial para dar un buen acabado superficial.
- Ayudan a que los químicos utilizados en la fase de acabados se aprovechen de la mejor manera y revelen todas las propiedades que poseen.
- Optimiza los tiempos del proceso, sin afectar la calidad del secado.

- Controla y estandariza los procesos de acabados.
- Incrementa la rentabilidad de la empresa.
- La necesidad de raspar los residuos virtualmente se elimina y los costos de mantenimiento de la cabina son substancialmente reducidos.
- Su diseño simplificado provee el más alto grado de confiabilidad en la operación, con un ahorro tanto en el mantenimiento como en el costo de mano de obra.

### 2.3.3.2 Desventajas de las cabinas con cortina de agua

- Inversión muy importante a tomarse en cuenta.
- Sistemas adicionales para la recolección del agua contaminada.
- Espacio dentro del taller.

### 2.3.3.3 Ficha Técnica

**Tabla 2.4 Ficha técnica cortina de agua**

<b>Dimensiones externas</b>	<b>Dimensiones internas</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Energía</b>	<b>Costo</b>
2200*3000*1600 mm	2150*2900*700 mm	380 V	4.5 Kw	\$ 4000 - 6000

**Fuente: Autor**

**Tabla 2.5 Ficha técnica cortina de agua**

<b>Sistema de aire</b>	<b>Sistema de control</b>	<b>Sistema de iluminación</b>
A prueba de flujo axial del ventilador de escape de aire	Interruptor de polvo, de emergencia, de luz, de ventilador, de la bomba	Tubo de Philips de 36 w

**Fuente: Autor**

### 2.3.4 Sistema de acabados con filtración de aire

La figura 2.2 muestra un sistema de acabados con filtración de aire.



**Figura 2-2: Sistema de acabados con filtración de aire**

**(Cabinas y Muros de Pinturas Secas Filtros Secos 2010, Mercury)**

#### **2.3.4.1 Ventajas de las cabinas de acabados con sistemas de filtración de aire**

- El aire junto a otras impurezas es obligado a pasar a través de distintas etapas de filtración.
- Los componentes sólidos son retenidos en los filtros para su posterior eliminación.
- Fácil instalación.
- Costo bajo en transportación.
- Eficacia en la filtración.
- Reducido nivel de ruido.
- Ahorro de consumo eléctrico.

#### **2.3.4.2 Desventajas de las cabinas de acabados con sistemas de filtración de aire**

- Sistemas complementarios de ventilación.
- Elevados costos de mantenimiento.
- Inversión alta para su construcción debido al sistema de ventilación que es necesario para su funcionamiento.

### 2.3.4.3 Ficha técnica

Tabla 2.6 Ficha técnica sistema de acabados con filtración de aire

Sistema de aire	Sistema de Iluminación	Sistema de Filtración	Costo
UN extractor de 7.5 Kw.	Luz oblicua en el techo compuesta de 3 grupos de 8 unidades	Pre-filtro y un filtro de alta rendimiento.	\$ 6000-8000

Fuente: Autor

Tabla 2.7 Ficha técnica sistema de acabados con filtración de aire

Tamaño externo	Tamaño interno	Voltaje	Energía
6940*5100*3150 mm	6840*3900*2600 mm	380 V	14 Kw

Fuente: Autor

### 2.3.5 Cabinas de acabados en seco

La figura 2.3, muestra un sistema de acabados en seco.



Figura 2-3: Sistema de acabados en seco

Fuente: (TEKNO, PARACOS, PHILAAC, 2010)

#### 2.3.5.1 Ventajas de las cabinas en seco

- Ausencia de aditivos (pH regulador, coagulante, floculante, antiespumante, bactericida).

- Menor cantidad de desechos: únicamente los filtros sucios con barniz seco, en vez de grandes cantidades de agua y residuos húmedos.
- Ninguna dependencia de la naturaleza del barniz.
- Mejor flujo de aire en la cabina.
- Gasto reducido en electricidad.

### 2.3.5.2 Desventajas de las cabinas en seco

- Costo elevado en la inversión de filtros.
- Emanación de gases como CO<sub>2</sub>.
- Elevado costo de mantenimiento.

### 2.3.5.3 Ficha Técnica

**Tabla 2.8 Ficha técnica cabinas en seco**

Tamaño externo	Tamaño interno	Voltaje	Energía	Costo
7010*5570*3610 mm	6900*4000*2800 mm	220 v 50Hz	10 kW	\$6500- \$30000

Fuente: Autor

**Tabla 2.9 Ficha Técnica cabinas en seco**

Sistema de aire	Sistema de Iluminación	Sistema de Filtración
Un ventilador turbo de 7.5 kW, 380 V, 50 Hz	Lámparas con vidrio templado	Pre-filtro, filtros en el techo y un filtro de escape

Fuente: Autor

### 2.3.6 Cabinas de acabados en seco con recuperación de pulverización

La figura 2.4 nos muestra un sistema de acabados con recuperación de materia prima.



**Figura 2-4: Sistema de acabados con sistema de recuperación**

**Fuente:** (Cabinas y Muros de Pinturas Secas Filtros Secos 2010, Mercury)

### **2.3.6.1 Desventajas de las cabinas de acabados en seco con recuperación de la pulverización**

El costo elevado para el sistema de recuperación, no justifica el gasto, a menos que la empresa sea demasiado grande para recuperar una cantidad apreciable de materia prima y a largo plazo lo cual representaría la justificación de la utilización de este sistema.

Esta cámara permite recuperar del 90 al 95% de la pulverización. El sistema se basa en la utilización de una cinta que después de recoger la pulverización se limpia mediante dos espátulas que canalizan el producto directamente a una lata. Dicho sistema, aplicable tanto a tableros planos como a carpintería, permite recuperar aproximadamente el 30% del barniz, el cual debe volver a utilizarse en las 24 horas siguientes para reducir la posibilidad de que se corrompa al contacto con el aire durante la fase de aplicación. El único desecho es el procedente de los filtros sucios con barniz seco. Para limpiar la cinta se utiliza agua y detergentes especialmente estudiados para ello [1].

### **2.3.6.2 Ficha Técnica**

**Tabla 2.10 Ficha técnica sistema de recuperación**

<b>Tamaño externo</b>	<b>Tamaño interno</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Energía</b>	<b>Costo</b>
7000*4000*3000 mm	6900*3900*2800 mm	220/380 V	220/380 Kw	\$ 60000

**Fuente:** Autor

### **2.3.7 Partes y sistemas básicos de las cámaras**

#### **a) Unidades de movimiento de aire**

Son las encargadas de la ventilación en la cabina, es decir de controlar ya sea por extracción o inducción, el flujo de aire y su velocidad, proporcionar aire en las cantidades ideales y evitar los problemas asociados con los excesos o deficiencias de éste y que se revelan en las piezas trabajadas.

Por ejemplo, un defecto común al utilizar barniz o pintura es el fogueo (overspray) que se forma precisamente cuando no se controla el flujo, la velocidad del aire y la presión de la pintura o barniz, se trata específicamente de las partículas que quedan en el aire, luego de cada aplicación de pintura o barniz que forman una nube que al acumularse, cae sobre la pieza trabajada, sin fundirse pero formando una capa irregular, no homogénea.

Estas unidades de movimiento se valen de ventiladores axiales, centrífugos o turboventilador para generar las corrientes, en particular, los últimos generan mayor cantidad de aire demandando menos energía para su funcionamiento, ya que al tener conexión directa con el motor se reduce la necesidad de usar sistemas de transmisión como poleas, ejes y correas.

#### **b) Sistema de filtración**

Este sistema depura el aire suministrado dentro de la cabina, atrapando las partículas que flotan y dañan el acabado de la pintura o barniz, para esto, el sistema realiza el eficiente trabajo de filtrado en dos etapas básicas: la primera con un pre-filtro que retiene entre el 60 y el 70 por ciento de las partículas y la segunda, más minuciosa que elimina hasta un 99 por ciento de ellas, de hecho, las partículas restantes no sobrepasan las 10 micras siendo imperceptibles al ojo humano.

Pero el sistema de filtración no se limita a la purificación dentro de la cámara, de igual forma el aire que sale de ella cuenta también con un sistema de separación de residuos de pintura o barniz a través de una cortina de agua que impide la contaminación dentro y fuera de la fábrica.

Otras opciones son los filtros secos que, al sumar los tiempos de mantenimiento y costos pueden resultar más económicos que otros sistemas, por ejemplo el cartucho de Carbón Activado, tal vez el más efectivo, que garantiza un 100 por ciento de purificación, incluso de los residuos gaseosos.

Sin duda estos sistemas de filtración aportan grandes beneficios durante el proceso de pintura o barnizado, pero también generan importantes ahorros económicos para las empresas cuando ganan en eco-eficiencia al establecer procesos limpios, sin residuos perjudiciales para el medio ambiente, de hecho no hay que olvidar que muchas compañías pagan caro el no tener control de sus residuos [1].

### **c) La iluminación**

Una de las unidades importantes de los sistemas para acabados es la iluminación. Dado que se trata de un sistema pseudo-aislado, casi hermético, cuenta por lo general con una fuente de luz artificial potente que asegura por parte del operario, un excelente control visual del proceso y de la pieza, disminuyendo el agotamiento visual y aumentando la productividad laboral.

Cabe señalar que dicho agotamiento visual, que en últimas, compromete la calidad de los materiales tratados, se produce ante el esfuerzo que hace el ojo, como órgano de control, a medida que se extiende la capa de laca, se entiende entonces que la calidad de este control visual está directamente relacionada con la forma, como la luz se refleja sobre la película de barniz o distintos químicos que se utilicen en el acabado y se dirige luego, hacia el ojo. Así, una escasa luminosidad o excesiva reflexión de luz, demandará un esfuerzo adicional del órgano visual que se incrementará con el cansancio durante los tiempos de la jornada laboral, por esta razón la iluminación dentro de la cabina debe ser con luz blanca, superior a 1.000 lux y reducir al máximo las sombras, además se recomienda que las paredes interiores del cuarto sean también blancas para que se aproveche la reflexión de la luz.

Esta unidad es muy importante si se tiene en cuenta que estudios realizados sobre el agotamiento visual demuestran como a medida que transcurre la jornada laboral, los defectos de los acabados se incrementan a causa del cansancio visual,

así un sistema de luz bien regulado protegerá, no sólo la calidad de los materiales sino la salud del operario [9].

#### **d) Tablero de control eléctrico**

Tiene la función de controlar y minimizar las operaciones, las posibilidades de errores en el proceso y de ofrecer un sistema que anuncie a través de alarmas las fallas, paradas, saturaciones de filtros, además de accionar o apagar los elementos eléctricos.

En varios casos el tablero electrónico funciona como un sistema de información que reporta el estado de las operaciones efectuadas por la cabina, según los indicadores que interesan durante del proceso: reportes de parada de línea, curvas de secado, tiempo de operación de motores, indicadores de presión, además de otros indicadores como la velocidad, temperatura y calidad del aire y de la iluminación.

Esta unidad es fundamental cuando de procesos de pintura bien conducidos se trata, cuando no se cuenta con un equipo profesional para este trabajo, el tema de control se limita a una simple inspección del proceso que obviamente no garantiza el cien por ciento, un resultado óptimo, vale señalar en este sentido que entre más variable sea el proceso, mayor control demandará y en el caso de la aplicación de pintura existen al menos 15 variables distintas a supervisar y si cualquiera de ellas se altera, los resultados serán adversos.

El DOIE es un indicador que cualifica la apariencia de la pintura, este indicador relaciona tanto el brillo como la nivelación y mide la fidelidad con que una superficie de pintura refleja las imágenes que inciden en su superficie gracias a la luz [1].

#### **e) Sistema de calefacción**

Se utiliza para elevar artificialmente la temperatura en la cabina, especialmente cuando el proceso de pintado o barnizado se realiza en zonas de climas fríos o variables y cuando se necesita una mayor rapidez en el secado.

Para esto en la cabina se interpone un intercambiador de calor y una fuente de energía calorífica que pueden ser de vapor, resistencias eléctricas, querosene, gas propano, etc.

Otra opción de combustible, que utilizan algunas empresas de la industria del mueble y la madera por el bajo o nulo costo, son los residuos de aserrín y madera, aunque para su manipulación éste exige un sistema muy confiable de seguridad a causa del manejo paralelo de solventes inflamables de la pintura que pueden provocar explosiones e incendios, si no se usan con precaución.

### **2.3.8 Clases de cabinas**

Así como para la mayoría de equipos industriales, los fabricantes de cabinas de aplicación de pintura o barniz, han desarrollado diferentes tipos de acuerdo a las necesidades de producción de las empresas, la variedad es muy amplia, pero se dividen en cinco grupos básicos según: el movimiento del aire, la presión del aire, el sistema de filtración, la forma de producción y el tipo de pintura o barniz.

#### **a) Según el movimiento del aire**

Son aquellas que dirigen el aire en una dirección determinada, según las condiciones de aplicación, de seguridad y los resultados deseados, estas a su vez se dividen en tres tipos:

##### **➤ Descendente**

Son aquellas que dirigen el aire de arriba hacia abajo ofreciendo como beneficios un mejor aprovechamiento de la gravedad, una circulación de aire homogénea, un mejor control de la filtración del aire y menor contaminación para el operario durante el proceso.

##### **➤ Ascendente**

Estas conducen el aire de abajo hasta arriba, movimiento que genera los siguientes problemas: contamina el ambiente y produce en la pieza trabajada fogueo, pérdida de brillo y piel de naranja.

➤ **Transversal**

Son aquellas que dirigen el aire diagonalmente y cuyo movimiento aporta como beneficios que no contamina al operario y puede trabajar con una sola unidad o dos, pero tiene igualmente como desventaja que no permite un control eficiente del aire y produce un contacto heterogéneo de la superficie del mueble con el aire.

**b) Según la presión del aire**

Son las cabinas que tienen por principio la inyección o la extracción del aire y se dividen en tres:

➤ **Con presión positiva y negativa**

La primera se crea al inyectar aire en la cabina sin que éste pueda escapar, de hecho, en el caso que se abra la puerta de acceso a la cabina durante el proceso el aire del cuarto que hace una presión hacia fuera saldrá con fuerza, escapando con él gran parte de la pintura, en el segundo caso, con presión negativa, se crea extrayendo el aire que está dentro de la cabina

➤ **Con presión controlada**

Es una combinación de los dos casos anteriores, tiene un sistema de inyección y de extracción que controla el fluido del aire que circula en el interior evitando que se produzcan presiones positivas o negativas y favoreciendo un ambiente totalmente limpio y de temperatura controlada para el trabajo, es un tipo de cabina muy equilibrado que incluso da la opción de aplicar mayor cantidad de aire del que se extrae en el caso de detectar la entrada de impurezas, es una especie de sello invisible que se genera con una leve corriente positiva.

**c) Según el sistema de filtración**

Estas cabinas se distinguen según el filtro que posean dadas las necesidades del refinamiento y purificación del aire, pueden ser cabinas con filtro de cortina de agua o con filtro seco.

**d) Según la forma de producción**

Son aquellas que se definen según las necesidades de productividad del proceso y se clasifican en:

➤ **Por Baches**

Se utiliza generalmente cuando la cantidad de piezas procesadas es baja, o cuando la producción tiene un carácter más artesanal, se denomina por baches por que el lote se pinta por turnos: primero unas piezas específicas (ejemplo sillas de un comedor), que luego se ubican en el área de secado y mientras se secan se pinta otro grupo de piezas, el sistema ofrece la ventaja que los operarios pueden realizar varias oficios (lijan, alistan, pintan, etc.).

➤ **De túnel continuo**

En el proceso continuo o en serie, mucho más especializado y tecnificado que el anterior, el operario no se desplaza para trabajar las piezas, pues éstas pasan frente a él, gracias a una banda transportadora que las desplaza con velocidad controlada, en realidad estas cabinas son túneles que reciben por un lado la pieza y la entregan lista por el otro.

e) **Industriales y especiales**

Este tipo de cabinas se emplean básicamente cuando la empresa enfrenta proceso complejos de pintura o barnizado, y necesita aplicar grandes cantidades de recubrimiento o debe pintar productos de gran tamaño, se trata de equipos diseñados para resolver situaciones especiales que demandan de la cabina un esfuerzo mayor del habitual: un mayor número de motores, ventiladores, más energía y elementos eléctricos más robustos.

f) **Según el tipo de pintura y/o Barniz**

En esta división pueden señalarse dos clases: Las cabinas para pintura y barniz líquidos y las cabinas para pintura en polvo, considerando que las primeras son las más comunes y sencillas, mientras que las últimas demanda adecuaciones especiales para su funcionamiento, como equipos de aplicación electrostática,

sistema de recuperación de polvo y horno de termo-curado o polimerizado que las hacen también más costosas.

Paralelamente, dentro de esta clase de cámaras se puede realizar una subdivisión a partir del tipo de productos para acabados empleados, con sus respectivas consideraciones.

➤ **Para tintado**

Dado que la mayoría de las lacas para madera tienen un bajo poder de relleno, es decir solo mojan y colorean la superficie, pero no rellenan los poros y secan por oxidación, ósea al contacto con el aire, no demandan el control exhaustivo de partículas sólidas que ofrece por ejemplo una cabina de aire controlado, en estos casos se utilizan cabinas abiertas de presión negativa que controlan los residuos de pintura evitando que vayan al medio ambiente y genera una corriente de aire horizontal.

➤ **Para selladores**

Algo parecido sucede con los selladores que, aunque no tienen color si tienen un buen porcentaje de sólidos que rellenan los poros, sin embargo la aplicación de este producto tampoco exige perfecto control de partículas, pudiendo utilizarse también una cabina abierta de presión negativa

➤ **Para acabado**

En los procesos finales de pintura y/o barnizado los cuidados deben ser especiales y más controlados, por eso se recomienda para esta fase una cabina cerrada, con presión controlada y filtros de renovación de aire que garantice repeler la entrada de partículas sólidas que dañen el mueble.

En general las empresas deben considerar que, según el tipo de pintura usada, las características de la producción y el resultado esperado, deben escoger su cabina ideal, por lo general instalan cabinas de presión controlada con sistemas de filtración especializados en dos o tres etapas, velocidades de aire reguladas y

control de temperatura no siempre son las correctas para lo que demanda el proceso de pintura [1].

Vale la pena recalcar que no basta sólo con tener un ambiente controlado para aplicar la pintura y/o barniz, sino que para un buen resultado final también inciden otros procesos como el secado y curado, no hay que olvidar que esto es un proceso y que como tal, cada fase debe adelantarse con cuidado y profesionalismo a fin de materializar las propiedades de la pintura. Sin duda, la instalación de una cámara de aplicación de pintura o la mejora del sistema actual, no es una decisión tan simple como colocar un extractor en la pared, en realidad, se trata de una inversión importante que arrojará grandes beneficios económicos y productivos, pero que debe estar soportada en el estudio previo de las condiciones de la empresa para no caer en un gasto innecesario y caro de pagar.

### **2.3.9 Matriz de decisión (Ponderación)**

#### **2.3.9.1 Características**

Se ha tomado en cuenta para la evaluación los criterios más representativos:

##### **a) Costo**

Se debe tomar en cuenta que el sistema a estudiarse debe tener un costo moderado e inferior al costo de adquisición del mismo por importación si ese fuese el caso.

##### **b) Espacio**

Debe ser manejable ya que dicho sistema estará ubicado en el taller de carpintería del Colegio JUAN XXIII de la ciudad del Tena-Napo.

##### **c) Manejo**

Debe ser de fácil manejo y didáctico, ya que va a ser usado por estudiantes y docentes del Colegio JUAN XXIII.

##### **d) Montaje**

El sistema debe ser de fácil montaje debido a que, por motivos varios se lo trasladará a distintos lugares de la institución.

**e) Mantenimiento**

Debido a que va a ser utilizado por los estudiantes, los cuales no tendrán un rédito económico directo del sistema de acabados y solo aprovecharán su valor académico y valor dentro de la comunidad para que conozcan el potencial existente dentro de la industria de la carpintería, la facilidad de mantenimiento se la considera importante para el estudio del sistema de acabados

**f) Consumo Energético**

En un tiempo en el que el ahorro de energía se hace imprescindible, es necesario que el sistema consuma la menor cantidad de energía eléctrica para abaratar costos en general.

**2.3.10 Contaminación**

Debido al uso de químicos, los cuales en grandes cantidades son perjudiciales para la salud humana y en general contaminan el ambiente tanto de trabajo como en el contexto que se trabaje, se hace necesario la instalación de sistemas que ayuden a optimizar la cantidad de materia prima utilizada para de esta manera disminuir los agentes contaminantes tales como los que se evaporan en el aire o los que se van hacia el suelo o a los ríos de la localidad.

Por lo tanto se dice que el aire, suelo o agua se encuentran contaminados, cuando existen sustancias o energías que pueden alterarlos y ocasionar un efecto negativo sobre humanos, animales, vegetación.

Muchas formas de contaminación del aire las origina el hombre, las plantas industriales y los vehículos con motores de combustión interna generan óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de sulfuro y partículas, otras fuentes humanas incluyen atomizadores aerosoles y gases que se filtran de los sistemas de refrigeración, así como gases de pintura, barniz y debido a que estos poseen plomo, en varias ocasiones el cual es derivado del petróleo, que al ser utilizado de diversas formas contamina el ambiente.

Algo importante sobre la contaminación del aire es que no se queda en un mismo lugar, los vientos y los estados del tiempo juegan un papel importante en el transporte de la contaminación a nivel local, regional, e inclusive alrededor de todo el mundo, donde afecta todo lo que entra en contacto con ello.

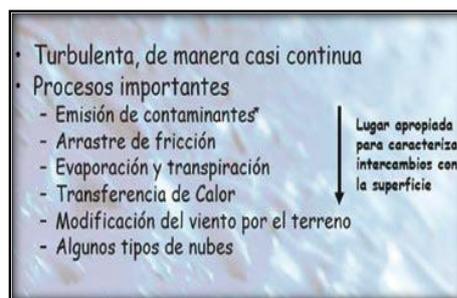
Por ello se hace necesario la utilización de cámaras de purificación, las cuales brinden una atmósfera segura tanto para las personas que trabajan así como para el medio ambiente, además de hacer que la empresa posea un contexto de trabajo ecológico, haciendo que la misma crezca y posea una mejor reputación dentro del campo laboral en que se encuentre y en general, también de este modo su imagen crece y por lo tanto su valor comercial se ve beneficiado.

### 2.3.10.1 Niveles permitidos de contaminación en el ambiente

Características de la Atmósfera, la baja capa límite.

#### a) Baja capa límite

La parte inferior de la Tropósfera que presenta una importante dependencia de las irregularidades de la superficie, recibe el nombre de baja capa límite. Es la zona de interés ambiental, es donde se dispersan y diluyen los contaminantes del aire, entre sus características más destacadas se las representa en la figura 2.5.



**Figura 2-5 Características principales de la baja capa límite**

**Fuente: (Manual Nacional para Inspectores Ambientales, Buenos Aires  
(2011) Andres Porta Atilio)**

## b) Aerosoles

Mezcla heterogénea de partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire de la atmósfera, son de composición variable y provienen básicamente de procesos fisicoquímicos naturales.

Algunas partículas son lo suficientemente grandes y oscuras para verse en forma de hollín o humo, otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse con un microscopio electrónico, cuando se respira el polvo este tipo se puede tener irritaciones y dañar los pulmones con lo cual se producen problemas respiratorios. Las partículas finas (menores a 10  $\mu\text{m}$ ) se inhalan profundamente dentro de los pulmones donde pueden permanecer arraigadas por períodos prolongados de tiempo liberando su contenido tóxico al torrente sanguíneo.

La figura 2.6 se muestra la composición del aire limpio y seco a nivel del mar.

Composición del aire (seco y limpio) al nivel del mar. Gases.		
FÓRMULA	% EN VOLÚMEN	PPM
N <sub>2</sub>	78.09	780 900
O <sub>2</sub>	20.94	209 400
Ar	0.93	9 300
CO <sub>2</sub>	0.0318	318
Ne	0.0018	18
He	0.00052	5.2
CH <sub>4</sub>	0.00015	1.5
Kr	0.0001	1
H <sub>2</sub>	0.00005	0.5
N <sub>2</sub> O	0.000025	0.25
CO	0.00001	0.1
Xe	0.000008	0.08
O <sub>3</sub>	0.000002	0.02
NH <sub>3</sub>	0.000001	0.01
NO <sub>2</sub>	0.0000001	0.001
SO <sub>2</sub>	0.00000002	0.0002

Figura 2-6 Composición del aire limpio y seco a nivel del mar.

Fuente: (Manual Nacional para Inspectores Ambientales, Buenos Aires (2011)  
Andres Porta Atilio)

### 2.3.10.2 Contaminantes del aire

Las actividades humanas contribuyen a que la ciudad sea una fuente y una jaula de calor, las superficies verticales amplifican la reflexión de los rayos solares, el accidentado relieve urbano acrecienta las turbulencias y reduce la evacuación del calor, y por tal motivo, la temperatura de las ciudades suele así ser varios grados

superior a la de las áreas rurales circundantes, con polvos y aerosoles suspendidos en el aire.

Las grandes ciudades suelen verse acompañadas de actividad industrial en su entorno y hasta a veces dentro de la misma, si bien, el desarrollo industrial está directamente relacionado con la prosperidad, la calidad de vida, y es considerado la principal medida de progreso, también está asociado a preocupaciones como la contaminación y a desastres imprevistos que podrían ocurrir y con perjuicio, exponer a la población circundante a niveles no deseados de emisiones químicas.

Actualmente la contaminación del aire representa una amenaza importante para la salud pública en todo el mundo, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de dos millones de muertes prematuras anuales son atribuidas a los efectos de la contaminación del aire en espacios abiertos urbanos y en espacios cerrados y más del 50% de esta carga de enfermedad recae en las poblaciones de los países en vías de desarrollo.

De lo expuesto se deriva que la calidad del aire urbano enfrenta problemas, diversos y complejos por lo tanto, es objeto de estudio para diferentes campos, que deben complementarse para mejorar la situación ambiental [10].

### **2.3.11 Contaminación del aire**

#### **2.3.11.1 Definiciones**

Una ley española de preservación del recurso aire define a la contaminación del aire como: la presencia en la atmósfera de cualquier agente físico, químico o biológico o de combinaciones de los mismos en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, seguridad o bienestar de la población, o perjudiciales para la vida animal y vegetal, o impidan el uso y goce de las propiedades y lugares de recreación [11].

Por su parte, la ley del aire limpio de los Estados Unidos de Norteamérica se refiere a la contaminación como: “la presencia en la atmósfera de uno o más contaminantes en cantidad y duración tales que sean o tiendan a ser perjudiciales a

la salud o el bienestar humanos, la vida de los animales o plantas, o que interfieran el goce de la vida o la propiedad”

### 2.3.11.2 Clasificación de los contaminantes

En la figura 2.7 se puede apreciar los contaminantes más comunes y una clasificación general de los mismos.

Clasificación de los Contaminantes		
BIOLÓGICOS	FÍSICOS	QUÍMICOS
Bacterias	Ruidos y vibraciones	<b>Primarios</b> se vierten directamente a la atmósfera.
Virus	Radiaciones ionizantes	
Hongos	Radiaciones electromagnéticas	<b>Secundarios</b> originados por reacciones químicas y fotoquímicas de contaminantes primarios.

**Figura 2-7 Clasificación de los contaminantes**

**Fuente: (Manual Nacional para Inspectores Ambientales, Buenos Aires (2011)**

**Andres Porta Atilio)**

a) Los contaminantes químicos primarios están compuestos mayoritariamente (más del 90%) por NO<sub>x</sub>, CO, COV y material particulado en suspensión (MP).

- Gases inorgánicos (SO<sub>2</sub>, SH<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>).
- Metales pesados (Pb, Cr, Cu, Mn, V, Ni, As, Cd, Hg).
- Compuestos halogenados (HCl, Cl<sub>2</sub>, HF).
- Sustancias minerales (asbestos, amiantos).
- Compuestos orgánicos: volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos polícíclicos (HAPs).
- Compuestos orgánicos azufrados (mercaptanos).
- Compuestos orgánicos halogenados (PCBs, dioxinas, furanos).
- Sustancias radioactivas.
- Aerosoles (partículas sólidas y líquidas).

**b)** Los contaminantes secundarios se forman en la atmósfera y son:

- Ozono
- Oxidantes fotoquímicos
- Sulfatos / ácido sulfúrico
- Nitratos / ácido nítrico
- Nitro-HAPs

**c)** Contaminantes Prioritarios o Criterio (US EPA, Agencia Ambiental de EEUU):

- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Material particulado (MP)
- Ozono (O<sub>3</sub>)
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

### **2.3.11.3 Compuestos orgánicos volátiles (COV)**

Comprende diferentes tipos de compuestos orgánicos volátiles, básicamente los hidrocarburos y sus derivados, incluyendo diversas familias de compuestos alifáticos (saturados e insaturados) y aromáticos en los que podemos encontrar alcanos, ciclo-alcanos, terpenos, hidrocarburos aromáticos y compuestos halogenados. En función de su relevancia como precursores del smog fotoquímico, COV queda definido por exclusión como aquellos compuestos del carbono que no son el monóxido de carbono, el dióxido de carbono, el ácido carbónico, los carburos metálicos o los carbonatos, que participan en reacciones fotoquímicas atmosféricas (CFR, 2004).

#### **a) Características**

Son contaminantes primarios del aire, muchos evolucionan transformándose en contaminantes secundarios (oxidantes fotoquímicos), representan hasta un 16%

del total de los contaminantes atmosféricos más frecuentes [11]. Así en la figura 2.8 tenemos como ejemplo las fuentes de producción del Metano:

Fuentes de Metano	
Naturales	> Descomposición anaerobia de materia orgánica
Antropogénicas	> Actividades agrícolas-ganadera > Tratamiento y eliminación de residuos > Tratamiento y distribución de combustibles fósiles

Fuentes de NMOCs	
Naturales	> Plantas (terpenos, aldehídos y cetonas).
Antropogénicas	> Emisiones industriales <ul style="list-style-type: none"> <li>- Petroquímicas</li> <li>- Refinerías de petróleo</li> </ul>
	> Emisiones vehiculares <ul style="list-style-type: none"> <li>- Combustión</li> <li>- Pérdidas por evaporación</li> </ul>
	> Emisiones domésticas <ul style="list-style-type: none"> <li>- Procesos de combustión (calefacción, cocción de alimentos)</li> <li>- Humo de cigarrillo</li> <li>- Muebles</li> <li>- Alfombras, papel para pared</li> <li>- Pinturas sintéticas, barnices, solventes y adhesivos</li> <li>- Productos de limpieza</li> <li>- Tintas, libros, diarios y revistas, insecticidas</li> <li>- Repelentes y cosmético</li> </ul>

**Figura 2-8 Fuentes del Metano**

**Fuente: (Manual Nacional para Inspectores Ambientales, Buenos Aires (2011)  
Andres Porta Atilio)**

**b) Compuestos no cancerígenos**

Admiten la existencia de algún nivel de emisiones y contaminación permisible o aceptando lo suficientemente bajos de manera tal que no causen efectos significativos en la salud de la población o el ambiente, estos niveles de concentración admitidos se encuentran regulados por la normativa vigente y son conocidos como parámetros de calidad del aire [11].

**c) Compuestos cancerígenos**

El nivel de efectos por ellos generado se calcula en función de varios factores, entre ellos su concentración, incremento de probabilidad de desarrollo de cáncer, no se hace referencia a niveles guía, sino de unidad de riesgo, que es un riesgo adicional de contraer cáncer durante una vida en una población hipotética cuyos

individuos estén expuestos continuamente desde que nacen a una concentración de  $1 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$  del contaminante del aire que respiran.

A este grupo pertenecen el benceno, el percloro-etileno, el formaldehído, los más usuales en aire urbano [11].

#### **2.3.11.4 Términos frecuentes en la contaminación ambiental**

Los términos más comunes que vamos a encontrar en el estudio de contaminantes ambientales son:

##### **a) Emisión**

Es la concentración de contaminantes que vierte un foco determinado y la misma se mide a la salida del foco emisor.

##### **b) Inmisión**

Es la concentración de contaminantes presentes en el seno de una determinada atmosfera, son valores a los que estamos expuestos los seres vivos y materiales.

##### **c) Contaminación intramuros**

No está determinada su foco emisor y es de contaminación muy variable, estos contaminantes pueden penetrar en los ambientes intramuros que es donde pasan la mayor parte del tiempo los humanos, estos contaminantes suelen ser de mucha importancia en cuanto al efecto que causan sobre los humanos.

#### **2.3.11.5 Categorías de Fuentes de Contaminantes**

##### **a) Fuentes puntuales (también conocidas como fuentes estacionarias o fijas)**

Una fuente puntual se refiere a una fuente en un punto fijo, con ubicación georeferenciable, existe una gran cantidad y variedad de fuentes estacionarias de contaminación del aire: plantas de energía, industrias químicas, refinerías de petróleo, fábricas, etc. Según la industria o proceso específico, estas fuentes

pueden emitir uno o varios contaminantes del aire, además de muchos otros contaminantes peligrosos.

Una de las mayores preocupaciones en todo el mundo, es la emisión de contaminantes como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y material particulado (MP) en la generación de energía eléctrica, pues su proceso involucra la combustión de grandes cantidades de combustibles fósiles, las industrias químicas, entre otras son responsables de emitir muchos contaminantes peligrosos como los compuestos orgánicos volátiles (COV). De todos modos, la tendencia internacional se dirige cada vez más a la adopción de tecnologías de producción más limpias a través del uso de energías renovables y la implantación de medidas cada vez más efectivas para elevar la eficiencia energética de los procesos y mejorar la calidad de los combustibles, entre otras.

#### **b) Fuentes de área**

Se refiere a una serie de fuentes pequeñas, numerosas y dispersas, que no pueden ser incluidas de manera eficiente en un inventario de fuentes puntuales, pero que en conjunto pueden afectar la calidad del aire en una región, por ejemplo: el uso de madera para cocinar o calentar la casa, las imprentas, las estaciones de servicio, y las tintorerías, etc.

#### **c) Fuentes móviles**

Las fuentes móviles incluyen a las diversas formas de transporte tales como automóviles, camiones y aviones, etc. Son fuente de CO, NO<sub>x</sub>, COV y MP. La principal fuente móvil de contaminación del aire es el transporte terrestre por la cantidad siempre creciente de vehículos, y de ellos los motores a gasolina por su mayor emisión de material particulado, los programas para el control de emisiones de automóviles como el programa de verificación vehicular y el uso de convertidores catalíticos, han contribuido con la reducción de la cantidad de contaminantes del aire. Un aporte también significativo se da por la aplicación de normas que especifican la calidad del combustible de los automóviles y límites de emisiones de vehículos nuevos y en circulación [11].

#### **d) Fuentes naturales**

Además de las actividades humanas, los fenómenos naturales, la vida animal y vegetal pueden aportar cantidades relevantes de contaminantes al aire así por ejemplo de fuentes naturales de menor peso cuantitativo son los relámpagos ( $\text{NO}_x$ ), la actividad volcánica y geotérmica ( $\text{SO}_2$  y MP), los incendios forestales ( $\text{CO}_2$ , CO,  $\text{NO}_x$ , MP) y distintas fuentes generadoras de  $\text{CH}_4$ , tales como las colonias de termitas, el ganado y los pantanos (degradación anaeróbica). En este grupo también contribuyen de manera significativa al contenido en MP los aerosoles marinos, el polen y las esporas fúngicas cuyo peso relativo varía en los distintos ambientes.

#### **2.3.11.6 Compuestos particulares**

##### **a) Fuentes de monóxido de carbono**

La fuente natural se ve en el proceso biológico del suelo y en las tormentas eléctricas, y en procesos antropogénicos en los procesos de combustión a altas temperatura y procesos industriales de la fabricación de ácido nítrico.

##### **b) Fuentes de $\text{NO}_x$**

Se forman como consecuencia del proceso de combustión del azufre contenido en el carbón y el petróleo, la descomposición y la combustión de materia orgánica y el aerosol masivo procedente de los océanos y los volcanes.

El  $\text{SO}_2$  se puede oxidar en la atmósfera a  $\text{SO}_3$ , el cual a su vez combinado con gotas de agua produce ácido sulfúrico contribuyendo a la lluvia ácida [11].

#### **2.3.11.7 Material particulado en suspensión en aire (MP)**

a) Se divide en dos grandes categorías:

- SEDIMENTABLE: partículas mayores a  $100\ \mu\text{m}$ .
- EN SUSPENSIÓN: partículas menores a  $100\ \mu\text{m}$ .

b) El límite inferior de visibilidad del ojo es ligeramente inferior a los 100  $\mu\text{m}$ .

- PM10 (fracción inhalable): partículas menores a 10  $\mu\text{m}$ .
- PM 2,5 (fracción respirable): partículas menores a 2,5  $\mu\text{m}$ .

c) Otras denominaciones habituales para las partículas atmosféricas:

➤ **Aerosol**

Conjunto de partículas, sólidas o líquidas dispersas en el aire.

➤ **Polvo**

Suspensión de partículas sólidas de forma irregular que proceden de diferentes procesos de disgregación de materiales.

➤ **Niebla**

Suspensión de pequeñas gotas líquidas originadas por la condensación de vapor de agua sobre partículas higroscópicas suspendidas en el aire (núcleos de condensación).

➤ **Humo industrial**

Suspensión de partículas sólidas o líquidas debidas a la condensación de vapores producidos en procesos industriales.

➤ **Humo de combustión**

Conjunto formado por partículas sólidas o líquidas residuales procedentes de procesos de combustión (cenizas).

➤ **Bruma**

Suspensión de pequeñas gotas líquidas, originadas por condensación de vapores o evaporación de aceites esenciales de vegetación (visibles a simple vista).

**d) Fuentes de MP**

Más del 80% tienen un origen natural:

- Aerosoles marinos
- Arrastre de polvo por el viento
- Incendios forestales
- Erupciones volcánicas
- Pólenes
- Micro organismos

**e) Partículas gruesas**

Compuestas por sustancias de origen mineral, la composición química de las mismas incluye silicatos y elementos como aluminio, potasio, hierro, calcio, otros del grupo alcalino-térreos y otros de transición, también se han encontrado en esta fracción cantidades importantes de compuestos orgánicos y algunos carbonatos.

**2.3.11.8 Partículas finas (características)**

- Las partículas finas tienen tiempos de vida media (días o semanas) mayores que las partículas gruesas (minutos a horas).
- Tienen a dispersarse de manera más uniforme a lo largo de un área determinada o región geográfica.
- Las partículas finas pueden dispersarse entre 100 y 1.000 km, las partículas gruesas sólo pueden viajar una distancia menor a 10 km.
- Contiene considerables cantidades de sulfatos, amonio, nitrato, carbón elemental, y compuestos orgánicos condensados.
- Una gran variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos se encuentran absorbidos en la superficie de las partículas, especialmente en las más finas, debido a su mayor área superficial son compuestos carcinogénicos como algunos hidrocarburos aromáticos poli-cíclicos y metales pesados tales como el arsénico, selenio, cadmio, y zinc.

### **2.3.11.9 Niveles Guía y Límites Permitidos**

#### ➤ **Normas de calidad del aire (límite permitido)**

Son límites legales correspondientes a niveles de contaminantes en el aire durante un período de tiempo dado.

#### ➤ **Normas de emisión**

Son límites de la cantidad por unidad de tiempo y/o concentración de contaminantes emitidos por la fuente.

#### ➤ **Nivel guía de calidad de aire**

Concentración de contaminantes debajo de cuyos valores se estima, para el grado de conocimiento del que se dispone que no existirán efectos adversos en los seres vivos.

#### ➤ **Efectos**

Al evaluar los resultados de la toma de muestras de las zonas en las que residen las personas podemos saber con precisión lo que se encuentra en el aire que respiran las mismas, respirar aire contaminado no significa que las personas se van a enfermar.

### **2.3.11.10 Mejores técnicas disponibles para evitar la contaminación**

La implantación de éstas técnicas tiene por objetivo la prevención de la contaminación.

La educación y formación medio-ambiental a las personas que se ven involucradas tanto directa como indirectamente dentro de la industria maderera es de vital importancia, al tratar que las mismas tengan una participación activa dentro de la seguridad de todos, al dar un buen mantenimiento a los equipos, filtros, sistemas de acabados, calibración de equipos, etc.

Las emisiones de disolvente pueden controlarse mediante actuaciones directas e indirectas:

**a) Mediante actuaciones indirectas**

Actuando sobre los procesos de mecanización y manipulación previos, para disminuir al máximo las causas de generación de restos de suciedad, evitando limpiezas manuales posteriores e innecesarias, instalando en los procesos de mecanización, de ser posible, sistemas automáticos de limpieza que permitan dosificar de forma adecuada el producto de limpieza.

**b) Mediante actuaciones directas**

Limitando la cantidad de disolvente, por ejemplo, midiendo y restringiendo la cantidad empleada en un recipiente pequeño, empleando un trapo húmedo previamente, etc.

Asegurarse que los recipientes que contienen los disolventes estén siempre tapados, evitando de esta forma la emisión de disolvente y consecuentemente minimizando un impacto ambiental y la exposición por parte de los trabajadores.

Es preferible emplear disolventes, siempre que sea técnica y sea económicamente viable de la siguiente manera:

- Baja velocidad de evaporación, elevado punto de inflamación.
- Alta capacidad de limpieza.
- Altos valores límites ambientales (menor peligrosidad).
- Baja formación potencial de ozono.

Se recomienda también por normas internacionales no sobrepasar el límite de exposición diaria que se muestra en la tabla 2.13, que son algunos disolventes más comúnmente utilizados dentro de la industria maderera y los desechos que estos dan como resultado de su reacción química.

**Tabla 2.11 Características de los disolventes**

<i>Emisiones relativas de VOC (% en peso) de industrias de pinturas, adhesivos y disolventes</i>					
Compuesto químico	Pinturas			Pinturas industriales	Adhesivos industriales
	(a)	(b)	(c)		
alcanos C9-	6,4		1,0	1,8	11,4
alcanos C10	20,2		3,1	5,7	10,8
alcanos C11	11,6		1,7	3,1	5,8
alcanos C12+	5,0		0,6	1,1	2,1
cicloalcanos C9-	8,8		1,3	2,4	4,6
cicloalcanos C10	20,5		3,2	5,8	11,0
cicloalcanos C11	3,4		0,5	0,9	1,7
cicloalcanos C12+	3,1		0,5	0,9	1,6
tolueno	3,2		20,7	14,7	5,6
xileno	1,0		11,6	15,8	0,1
otros aromáticos	1,6		5,9	4,9	
acetona	0,1		10,3	3,1	2,1
metiletilcetona	1,2		16,0	8,1	12,2
metilisobutilcetona	1,6		0,6	5,9	
metanol	0,1				0,2
etanol	0,1		11,8	2,7	0,1
2-propanol	2,3		5,0	3,5	0,4
butanoles	2,2		0,3	6,4	
etilenglicol		44			0,2
propilenglicol		29			0,1
éteres glicólicos		27		6,6	0,2
acetato de etilo			3,7	2,0	0,2
acetato de propilo			0,9	1,6	
acetato de n-butilo	2,9		1,4	3,1	0,3
1,1,1-tricloroetano	2,2				9,3
diclorometano					1,7
otros	1,2				18,2

Notas:  
(a) disolventes orgánicos  
(b) disolventes acuosos  
(c) diluyentes

**Fuente: (Cotino, 2009)**

**Tabla 2.12 Características de los disolventes**

Tabla : Usos de Algunos Disolventes Orgánicos Tóxicos		
<b>Benceno:</b> Hidrocarburos Aromáticos	Fabricación de medicamentos, tintes, detergentes, plásticos y explosivos, Aplicaciones como disolventes, y en la síntesis de otros compuestos aromáticos	Parasitocida en las heridas (veterinaria) Disolvente de lacas, ceras y aceites. Antidetonante en Gasolinas
<b>Tetracloruro de carbono (Tetraclorometano):</b> Hidrocarburos halogenados	Uso muy restringido por su elevada toxicidad Disolvente en manufactura de plásticos Intermediario químico	Aplicación en pesticidas y herbicidas Industria de la pintura
<b>Metanol :</b>	Antiséptico Reactivo de síntesis química Disolvente muy extendido en ámbito industrial y doméstico	Componente principal del destilado en seco de la madera
<b>Acetona y Metiletilcetona:</b> Cetonas	Disolvente de grasas, resinas, barnices, aceites acetileno y derivados de la celulosa	
<b>Etilenglicol:</b> Glicoles	Anticongelante en circuitos de refrigeración de motores de combustión interna	Difusor de calor Disolvente de pinturas, plásticos y tintas Síntesis de plásticos y explosivos
<b>Formol o Formaldehído:</b> Aldehídos	Gran importancia comercial Manufactura de plásticos y pegamentos	Conservante de tejidos y muestras biológicas
<b>Dietiléter o éter sulfúrico:</b> Éteres	Disolvente de aceites, ceras perfumes alcaloides y nitrocelulosas.	Combustible Aplicaciones en análisis químico
<b>Disulfuro de Carbono:</b>	Muy utilizado en química industrial Solvente en el tratamiento de goma, pintura, lacas	Su principal uso como materia prima es en la síntesis de Fibra de Rayon

Tabla : Algunos disolventes orgánicos altamente inflamables (punto ignición 23°C o menor)		
Acetaldehido	Dietil eter	Eter de Petróleo
Acetona	Etanol	Propanol
Nitriloacetato	Etil acetato	Pyridina
Benceno	N-hexano	Tetrahidrofurano
Disulfito de Carbono	Metanol	Tolueno
Ciclohexano	Metil etil cetona	Acetato de vinilo
Ciclohexeno	Pentano	

Fuente: Javier Pascual. Ldo. en Ciencias Ambientales. Consultor Medioambiental.

**Tabla 2.13 Límites Máximos Permisibles Para Emisiones Gaseosas**

CONTAMINANTE	UNIDAD	LIMITE DE EMISIÓN
CO	(mg/m <sup>3</sup> )	80
HCl	(mg/m <sup>3</sup> )	50
NOx	(mg/m <sup>3</sup> )	560
SO2	(mg/m <sup>3</sup> )	100
Partículas	(mg/m <sup>3</sup> )	50
Arsénico, Selenio, Cobalto, Níquel, Telurio (1)	(mg/m <sup>3</sup> )	2.0*
Cadmio y Talio (1)	(mg/m <sup>3</sup> )	0.10*
Plomo, Antimonio, Cromo Total, Platino, Cobre, Vanadio, Zinc, Estaño, Manganeso, Paladio. (1)	(mg/m <sup>3</sup> )	3.0*
Mercurio (1)	(mg/m <sup>3</sup> )	0.10
Dioxinas y Furanos EQT (1)	(mg/m <sup>3</sup> )	10

*Todos los valores están para condiciones estándar (1 atmósfera, base seca 25° C) y 11% de O<sub>2</sub>.*

\* Suma total de metales pesados

(1) Estos análisis se realizarán en casos de existir evidencias de daño ambiental y bajo pedido de la Entidad Ambiental de Control.

**Fuente: (Cotino, 2009)**

Con estos límites permisibles para la salud de las personas procedemos a estudiar cámaras de tratamientos, las cuales nos puedan dar resultados de menor contaminación y así mejorar la producción dentro de la industria maderera.

### 2.3.12 Procesos productivos

A continuación en la figura 2.9 se presenta una explicación del proceso productivo a nivel microempresa/artesanal:



**Figura 2-9 Proceso para la obtención de muebles de madera.**

**Fuente: (Cabinas y Muros de Pinturas Secas Filtros Secos 2010, Mercury)**

**a) Recepción de la materia prima**

Se recibe la madera y se verifica que cumpla las especificaciones, que no esté rota, pandeada, con grietas y excesivos nudos, se deberá verificar que la madera tenga bajo contenido de humedad, para lo cual existen medidores digitales que con precisión y factibilidad determinan la humedad de la madera.

**b) Selección de la madera a trabajar**

Se selecciona la madera en respaldos, descansa brazos, etc. Es importante que en las partes exteriores visibles se utilice la mejor madera: libre de nudos, con veta uniforme y sin manchas [12].

**c) Transporte al área de trazado**

La madera se transporta manualmente al área de trazado.

**d) Trazado**

Previo al trazado se elaboran los patrones para el trazado de las piezas que serán cortadas, estos patrones pueden ser elaboradas en madera, con ello y una vez verifica la precisión de su medida se procede a realizar el trazo sobre la madera.

**e) Transporte al área de corte**

La madera se transporta manualmente al área de corte.

**f) Corte**

Si la madera para la elaboración de muebles no está cepillada deberá cepillarse ya sea con un cepillo manual o mediante la cepilladora, con el fin de darle un buen acabado, si la madera no es uniforme en su grosor se deberá utilizar una reguesadora para darle el grueso uniforme predeterminado, con base en el trazado de las piezas del mueble se procede a realizar el corte dimensionado de la madera, esta primera etapa de corte consiste en cortar la madera sin precisar aun la forma exacta de las piezas para este corte se puede utilizar preferentemente una sierra circular. Posteriormente la madera dimensionada es cortada con la forma precisa

de las piezas, el corte se realiza preferentemente con una sierra de cinta, una vez cortadas las piezas a sus dimensiones se deberá elaborar sobre las piezas los agujeros de sección circular o rectangular necesarios para el ensamble, también se deberán elaborar los acabados de los cantos, molduras, ranuras y partes macho-hembras, para estas últimas operaciones se podrán utilizar trompos ó escopleadoras y barrenadoras, como última etapa del proceso de corte las piezas deberán de ser lijadas para darles el pre-acabado necesario para el ensamble, lo cual es posible realizarlo manualmente o mediante una máquina lijadora.

**g) Transporte al área de ensamble**

Las piezas cortadas y pre-acabadas se transportan manualmente al área de ensamble.

**h) Ensamble**

Las piezas pre-acabadas son ensambladas mediante pegamento, tornillos y clavos, asegurando la firmeza de los muebles, en todo caso debe preferirse la utilización de tornillo a la de los clavos tradicionales, en aquellos casos en que sea indispensable la colocación de clavos visibles en el exterior de los muebles se deberá utilizar clavos neumáticos, en caso, de las piezas pegadas será necesaria la utilización de maderas para asegurar el correcto pegado, esto dependerá del diseño del mueble.

**i) Transporte al área de acabado**

Una vez ensamblados los muebles se transportan al área de acabado.

**j) Acabado**

Los muebles ensamblados son lijados eliminando las imperfecciones que pudiera tener la madera, la finura del grano de los abrasivos deberá ser el adecuado, para los acabados finales el grano deberá ser fino, para acabados de mayor tersura y cuando se requieren aristas perfectamente perfiladas se deberá utilizar fibra metálica. La etapa final del acabado es el barnizado el cual se podrá realizar mediante una estopa humedecida con barniz aplicándola de manera uniforme

sobre el mueble o mediante pistolas de neumática, en ambos casos se requiere pericia en la aplicación, en cualquier caso es recomendable la aplicación de tres capas de barniz, la aplicación del barniz se deberá efectuar en un ambiente lo más libre de humedad posible, la humedad da a los muebles barnizados un tono blancuzco no recomendable.

**k) Transporte al almacén de producto terminado**

Los muebles son transportados al almacén de producto terminado.

**l) Almacén de producto terminado**

Antes de proceder al almacenamiento de los muebles se deberán proteger sus aristas y partes susceptibles de roce con cartón, para lo cual podrá utilizarse flejes plásticos para fijar el cartón al mueble, finalmente los muebles son almacenados para su distribución.

**2.3.12.1 Tipos de maderas y accesorios más comunes en la fabricación de muebles de madera**

**a) MDF**

Es una fibra de mediana densidad, hoy en día se utiliza en mayor parte en la fabricación de muebles, algunos piensan que es cartón, lo cual no es cierto, aunque este último sea derivado de la madera, como su nombre lo dice son fibras de madera comprimidas a base de pegamentos industriales cubierto en su superficie por una película plástica lo cual lo hace ideal para terminados finales ya que no re-chupa los barnices.

**b) Aglomerado**

Son distintas virutas de madera comprimidas a base de Resistol, este tiene ideal anclaje con el poliéster ya que su consistencia se vuelve muy dura.

**c) Materiales Chapeados**

Son los distintos tipos de chapas naturales (caoba, primavera, cedro, etc.) o sintéticas que se aplican pegándose sobre los distintos tipos de tableros MDF o aglomerado.

**d) Fondos Catalizados**

Son productos químicos de barniz que hacen las veces de un sellador pero con mayor consistencia y durabilidad, se utilizan como una primera capa de barniz para sellar las maderas.

**e) Lacas catalizadas**

Son productos químicos de barniz que se utilizan para terminados finales, como son los brillos directos naturales o de color son las lacas mates y semi-mates, etc.

**f) El Poliéster**

Es un barniz constituido por resinas plásticas de gran consistencia que permite darle un acabado a los muebles de gran presencia, su proceso conlleva muchos más días para su fabricación y su costo actual por ser derivado del petróleo es muy alto.

**2.3.13 Ejemplo del proceso de la construcción de una silla de madera**

En la construcción de las sillas se utilizan diferentes tipos de maderas y barnices, como se han mencionado anteriormente, además de espumas de diferentes densidades y distintos tipos de tela para su tapicería.

Los muebles llevan también otro tipo de materiales como son: herrajes, resbalones, ojillos, bisagras, tornillos, protectores de canto, etc.

El proceso de fabricación toma un tiempo aproximado de 8 a 10 días dependiendo del modelo y los materiales que se utilicen, es decir abarca varias etapas como las descritas anteriormente, sin embargo podemos hacer un resumen de las mismas para nuestro caso:

➤ **Corte**

Es el proceso en el cual se seccionan los tableros de acuerdo a los modelos.

➤ **Maquinado**

Es el proceso de engrosado, perfilado de los tableros ya cortados

➤ **Armado**

Aquí se le da forma al mueble.

➤ **Preparado**

Se lija y se macilla el mueble antes de aplicar los fondos catalizadores.

➤ **Fondeado**

Aquí se aplica sobre el mueble previamente preparado, los distintos tipos de fondos a través de bombas de aire para barniz (pistolas).

➤ **Barnizado**

En esta etapa se aplican, previa revisión de posibles defectos, los materiales poliuretanos para acabados.

➤ **Bisagrado y Terminado**

Este es un proceso de vestir y revisar el mueble.

➤ **Control de calidad**

Es la etapa final donde se revisa que el mueble este en perfectas condiciones para su empacado y posterior entrega.

### **2.3.13.1 Recomendaciones**

Se recomienda no ponerlos en lugares expuestos a los rayos solares ya que estos, afectan los acabados en general

### 2.3.13.2 Distribución de la planta para la fabricación de muebles de madera

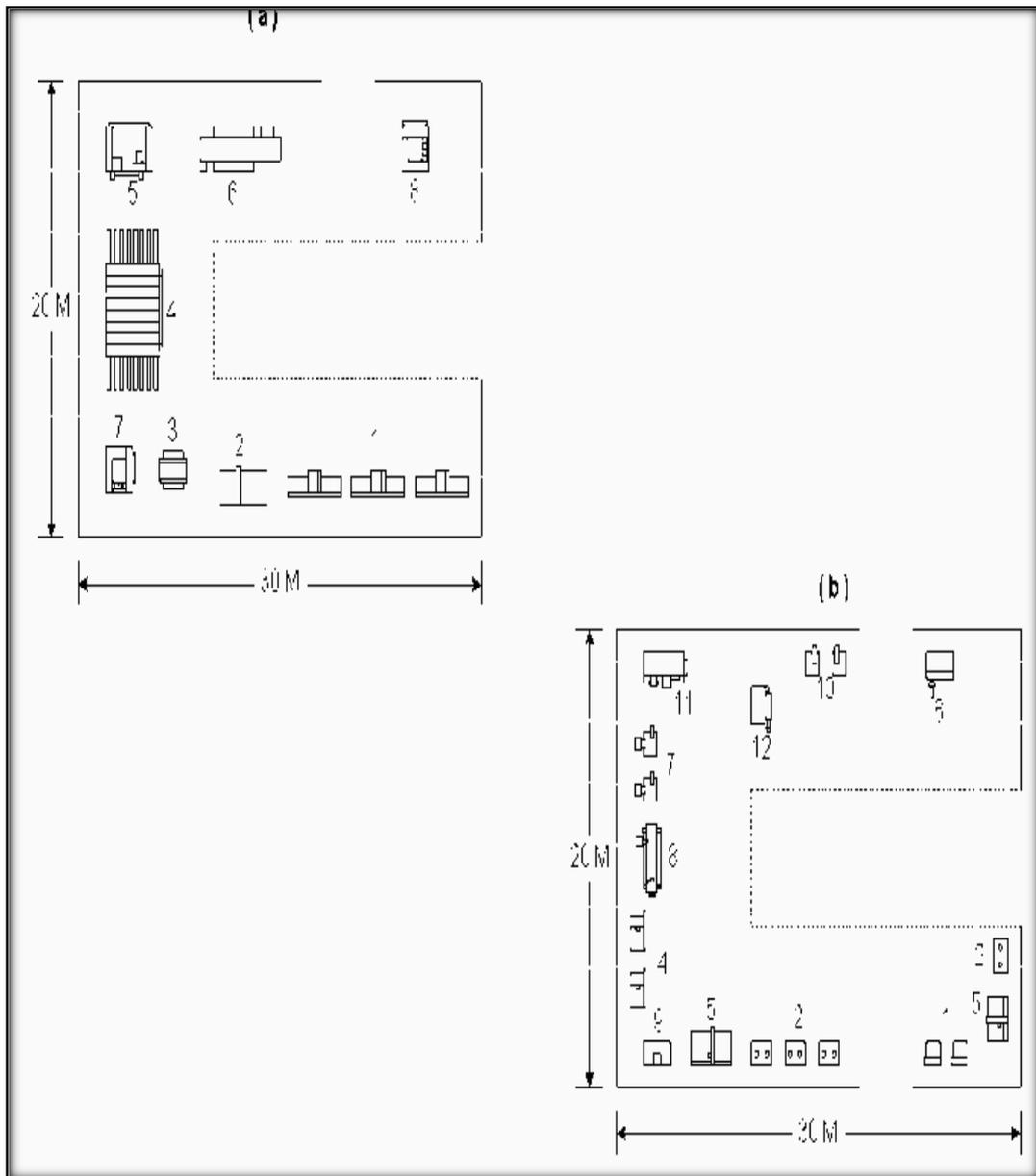


Figura 2-10 Distribución de la planta para fabricación de muebles de madera.

Fuente: (FODESEP, 2011)

#### a) DEPARTAMENTO RUGOSO

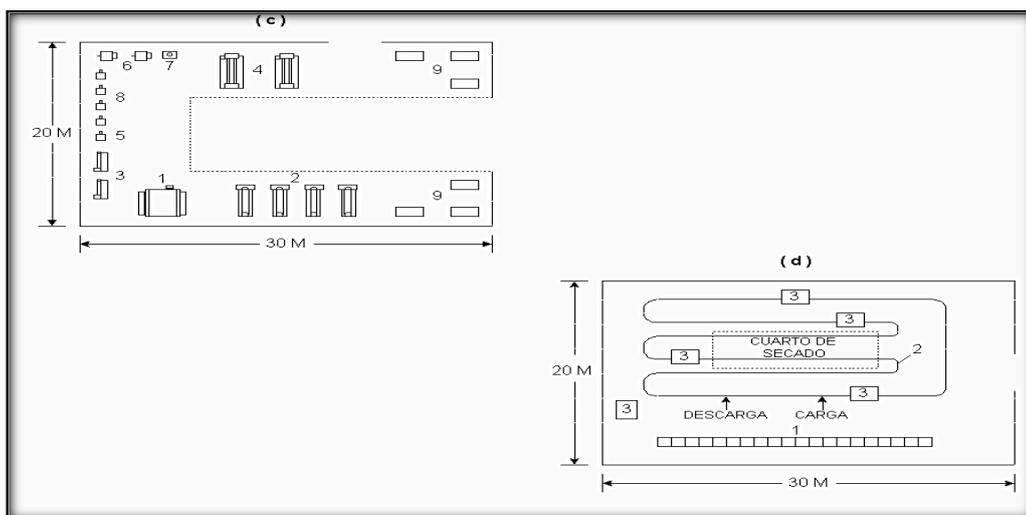
1. Sierra de corte.
2. Sierra radial.
3. Cepillo de superficie plana.
4. Transportador de grapas.
5. Cepillo de doble superficie.

6. Moldeador de cuatro ejes.
7. Sierra de rasgado.
8. Sierra de banda para rasgado.

**b) DEPARTAMENTO DE ALISADO**

1. Sierra de banda.
2. Moldeador de dos ejes.
3. Marcador.
4. Sierra de mesa.
5. Sierra radial.
6. Espiga simple.
7. Máquina perforadora.
8. Máquina perforadora.
9. Máquina perforadora.
10. Máquina perforadora.
11. Redondeado de espigas.
12. Muesca de ranuras.

La figura 2.11 nos muestra una opción de layout que podemos utilizarla dentro de un taller de carpintería en general en el área de lijado y montaje.



**Figura 2-11 Layout del área de lijado y montaje**

**Fuente: (FODESEP, 2011)**

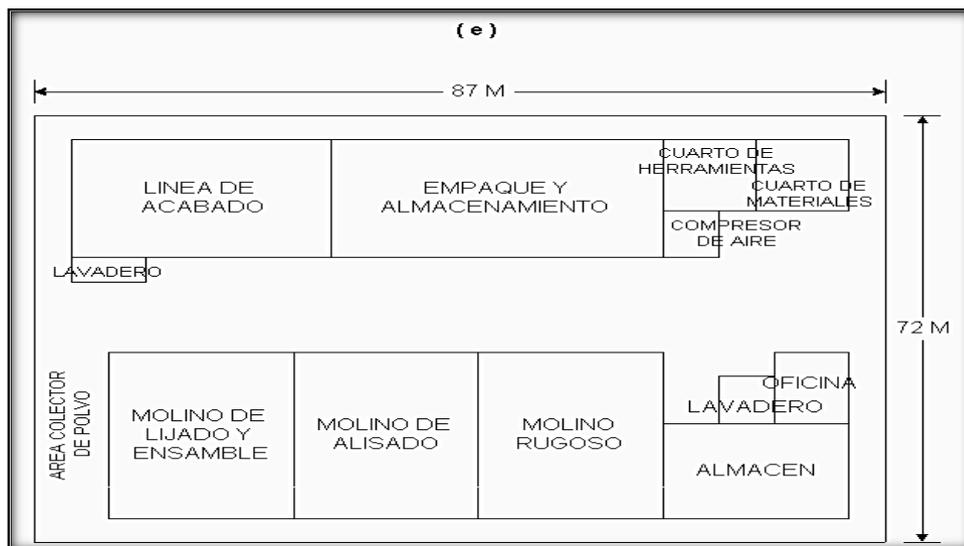
c) **MOLINO DE LIJADO Y ENSAMBLE**

1. Lijadora de correa ancha.
2. Lijadora de bloques.
3. Lijadora de correa de bordes.
4. Lijadora de pegada.
5. Lijadora de esponja.
6. Lijadora de cepillo.
7. Lijadora de eje.
8. Lijadora de tambor de aire.
9. Mesa de trabajo.

d) **LÍNEA DE ACABADO**

1. Línea de lijado manual.
2. Línea de acabado.
3. Cabina de rociado.

La figura 2.12 nos muestra ya un taller de carpintería general de la mejor manera en la cual se podría distribuir las máquinas que el mismo tenga.



**Figura 2-12 Planta de manufactura completa**

**Fuente: (FODESEP, 2011)**

### **2.3.13.3 Producción para los muebles de madera**

Secuencia de operaciones, e inspecciones.

#### **a) Maquinaria**

1. Canteadora, (para enderezar madera).
2. Escopladora (Para hacer agujeros entre la espiga).
3. Sierra circular de mesa (cortar madera).
4. Sierra de cinta (hacer vueltas o recorte).
5. Torno para madera.
6. Sierra circular radial (hace cortes con ángulos de 45° a 60°).
7. Regruadoras.
8. Taladro industrial.
9. Caladora.
10. Lijadora.

#### **b) Herramientas**

1. Serrucho.
2. Garlopín.
3. Cepillo de cacho.
4. Formones (1" y 3/4", 1/2").
5. Gramil (Mil grabados).

#### **c) Maquinaria y equipo**

1. Sierras circular de mesa.
2. Escopladoras.
3. Sierra de Cinta.
4. 1 torno eléctrico.
5. Una regruadora.

#### **d) Trazo, ensamble**

1. Trazo: Cinta métrica.

2. Gramil.
3. Ensamble: Martillo.
4. Desarmadores.
5. Escuadras.

#### **2.3.14 Cimentación y montaje**

Se refiere a la parte utilizada para apoyar la estructura en su emplazamiento y a la vez transmitir al suelo la totalidad de las fuerzas originadas por la maquinaria que la que sostiene.

##### **2.3.14.1 Cimentación**

Infraestructura necesaria que se deberá instalar debajo de las máquinas industriales para soportar las fuerzas y esfuerzos que se derivan del peso y del movimiento de los mismos, y así distribuirlos en el suelo de tal modo que no se produzcan asentamientos, desplazamientos ni vibraciones, que puedan perturbar el trabajo normal de la máquina o la estabilidad de las construcciones vecinas [9].

##### **2.3.14.2 Consideraciones para la cimentación**

Existen algunas consideraciones que se deben de tomar en cuenta para la elección de una buena cimentación para la máquina y así evitar daños o contratiempos posteriores.

##### **2.3.14.3 Capacidad de carga**

Es la que puede ser aplicada sin producir desperfectos en la estructura soportada. La carga admisible depende del terreno, de la cimentación, de la estructura y de un coeficiente de seguridad, se deben de tomar en cuenta las cargas estáticas y dinámicas.

##### **2.3.14.4 Cargas permisibles**

Algunos suelos soportan mayores cargas por unidad de área que otros, por lo que hay que tomar en cuenta el tipo de suelo en los que se va instalar la maquinaria y realizar la cimentación.

#### **2.3.14.5 Accesorios**

Tomar en cuenta los espacios para tuberías, drenajes, ventilación, conductos, ganchos de soporte, accesos, etc.

#### **2.3.14.6 Asentamientos**

Al apoyar una estructura en el suelo es inevitable la compresión del mismo, por lo cual debe procurarse que esta compresión sea mínima, uniforme y controlada.

La diferencia de asentamientos entre una maquinaria y otros equipos apoyados en cimientos diferentes pueden crear esfuerzos no deseados y sumamente perjudiciales, a este fenómeno se le conoce como asentamiento diferencial.

#### **2.3.14.7 Asiento vertical**

Es el desplazamiento de una cimentación bajo carga de servicio, se debe limitar la presión del terreno al 40 ó 60 % del valor de seguridad en las cimentaciones.

#### **2.3.14.8 Economía**

Realizar una cimentación adecuada realizando los estudios respectivos tomando en cuenta la factibilidad, utilidad, funcionalidad, seguridad, estética y economía.

Factores que afectan al cimiento:

- Soporte del peso total del sistema utilizado.
- Mantener la alineación entre el sistema y sus accesorios.
- Aislar las instalaciones próximas de las vibraciones producidas.

#### **2.3.15 Esfuerzos que sufre la cimentación**

##### **2.3.15.1 Estáticos**

El peso del sistema completo y del cimiento son considerados como carga vertical, el sistema de acabados actúa con una presión que se la puede considerar cero y sobre el terreno solamente existen cargas verticales.

### **2.3.15.2 Dinámicos**

Los esfuerzos dinámicos que producen efectos sobre las cimentaciones se pueden dividir entre los impactos aislados que se producen en forma irregular llamados choques aislados y fuerzas oscilantes producidas por masas en movimiento periódico.

### **2.3.15.3 Vibratorios**

Las partes de un sistema en movimiento dan lugar a vibraciones, que muchas veces producen efectos complejos, estos efectos dependen de la clase de sistema que se trate, por tanto las características de la cimentación serán de acuerdo con esa variación en el sistema elegido.

### **2.3.16 Anclajes**

Para que un sistema trabaje normalmente y de forma segura para el operador, tiene que estar debidamente anclada al cimiento, el anclaje es muy similar en todos los casos, en lo que varían es la forma de la placa de asiento, que es la encargada de transmitir las cargas al cimiento. Las placas de anclaje más utilizadas son las cuadradas, rectangulares, poligonales, circulares, estas últimas son preferibles cuando se trata de transmitir grandes presiones al cimiento.

Los sistemas que poseen cargas continuas o periódicas se anclan directamente al cimiento, donde los pernos pueden estar sometidos a esfuerzos de tensión, corte o combinados, cuando se tiene el caso de cargas repetidas no rítmicas (alternadas), se tiene que tomar en cuenta la fatiga del material.

Para pernos de anclaje se utilizan generalmente barras lisas, sin embargo una barra de estas puede transformarse en un perno arponado o corrugado, que son útiles cuando se tienen que introducir en un orificio hecho posteriormente, que después se rellena con concreto. Es recomendable que los pernos sean colocados antes de verter el concreto para el cimiento.

Antes de anclar cualquier sistema al cimiento, se debe revisar que el mismo este completamente nivelado, para proceder luego a la colocación y nivelación del

sistema sobre el mismo, el apoyo del sistema escogido sobre el cimiento se realiza a través de una placa de asiento de material elástico, una vez colocada este sobre dicho asiento, se comprueba su correcta nivelación en sentido longitudinal y transversal, la nivelación se consigue colocando placas de material elástico y de espesor variable bajo la base del sistema en el lugar de los pernos de anclaje, si la cimentación ya está hecha se pueden utilizar otro tipo de pernos de anclaje que se encuentran en la industria, varían en su construcción y funcionamiento, pero cumplen los mismos objetivos.

#### **2.3.16.1 Funcionamiento**

La mayoría de anclajes son instalados después de haber hecho el cimiento, los mismos funcionan ya sea por fricción, área de soporte, por adhesión o una combinación de estos.

#### **2.3.16.2 Anclajes mecánicos**

Existen varios tipos de anclajes como son los macho o de rosca externa, hembra o de rosca interna, autorroscantes; todos estos pueden mejorar sus características mecánicas, utilizando un epóxido en la cavidad del anclaje para obtener mejores resultados [1].

#### **2.3.16.3 Factores a considerar**

##### **a) Tenemos que considerar algunos factores para la utilización de los pernos de anclaje**

- Resistencia del concreto
- Diámetro del anclaje
- Profundidad de empotramiento
- Distancia entre ejes y al borde

##### **b) Tipos de falla**

- Por sobrecarga
- Rotura del anclaje

- Rotura del concreto
- Extracción del anclaje
  
- c) En el material base**
- Rotura del material base
- Rotura del borde
- Agrietamiento
- Deslizamiento del anclaje
- Extracción del anclaje

#### **2.3.16.4 Factor de seguridad**

Para propósitos de diseño, se tiene que considerar un factor de 4:1 para todos los esfuerzos estáticos, tanto en tensión como en corte, esto indica que la resistencia segura de trabajo es del 25% de la resistencia final del perno [9].

#### **2.3.17 Instalación de los sistemas de acabados**

Los sistemas deben instalarse sobre una base firme, no combustible preferiblemente de concreto y nivelarse correctamente, debe dejarse suficiente espacio alrededor del sistema para permitir el acceso a todos sus componentes, con el fin de realizar inspecciones y labores de mantenimiento

El cuarto donde se encuentre el sistema debe mantenerse limpio, por esto es importante que tenga un drenaje grande que permita la rápida salida de la basura que pueda generarse a su alrededor cuando sea necesario, también debe de estar bien ventilado permitiendo la circulación del aire.

Las cabinas, como buena parte de la maquinaria desarrollada actualmente para la industria, ofrecen diferentes configuraciones, con múltiples accesorios, de acuerdo al trabajo y los resultados esperados, aunque existen unidades de funcionamiento comunes para todas.

### **2.3.18 Parámetros generales de ahorro de energía**

La conservación de energía se puede abordar por dos caminos a seguir, como son:  
Los parámetros de operación y las características de diseño del equipo.

### **2.3.19 Parámetros de operación**

En principio no nos imponemos que existe un equipo en condiciones fijas. Si se requiere optimizar el ahorro de energía, los factores operacionales a trabajar son:

#### **a) Primera línea**

Exceso de aire, tipo y condiciones de partículas suspendidas en el aire del entorno, tipo de chimenea.

#### **b) Segunda línea**

Limpieza del sistema utilizado, ya sea el tratamiento del agua, recolección de las inclusiones en el agua, purificación o cambios de filtros de distinto tipo.

#### **c) Tercera línea**

Cambios en los accesorios en el sistema utilizado [9].

### **2.3.20 Medidas particulares a tomar en cuenta en el sistema de acabados**

- Disminuir las pérdidas de químicos al momento de realizar el proceso.
- Disminuir el impacto en la salud de los estudiantes y/o profesionales que manejen este tipo de proceso.
- Mantener la circulación de aire en valores estables y no tóxicos para la salud humana.
- Mejorar la calidad de los productos terminados.
- Mejorar la productividad de la Institución.

### 2.3.21 Propiedades del fluido (agua)

Los fluidos, como todos los materiales, tienen propiedades físicas que permiten caracterizar y cuantificar su comportamiento así como distinguirlos de otros.

#### 2.3.21.1 Peso específico

El peso específico de un fluido es el peso por unidad de volumen como se muestra en la ecuación 2.1, este cambia con la gravedad, la cual depende del lugar de localización del producto. Su símbolo es  $\gamma$ :

$$\gamma = \rho * g \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Dónde:

$\rho$  = Densidad de la sustancia  $\left[\frac{KN}{m^3}\right]$ .

$g$  = Aceleración de la gravedad  $\left[\frac{m}{s^2}\right]$ .

Esta propiedad es útil cuando se trabaja con estática de fluidos o con líquidos con una superficie libre.

#### 2.3.21.2 Presión (P)

Es la fuerza por unidad de área a la que está sometida una partícula de un fluido, la presión en una partícula de un fluido es igual en todas las direcciones, la diferencia de presión entre dos puntos de un conducto es la causa del movimiento de un fluido.

##### Presión atmosférica

Producida debido al peso del aire en un sitio en particular de la superficie terrestre, por lo que su valor depende de la ubicación, altitud y latitud de la geografía donde se la use.

##### Presión absoluta

Presión que se mide con relación al cero absoluto de presión, donde no existe presencia de aire, o también se la puede expresar en la sumatoria de la presión manométrica más la atmosférica.

### Presión barométrica

Presión ejercida por la atmósfera terrestre medida mediante un barómetro, a nivel del mar, esta presión es muy cercana a 14,7 *PSI*.

### Presión manométrica

Es la determinada por cualquier instrumento que mide la diferencia entre cualquier presión absoluta por encima de la atmosférica y la presión atmosférica del lugar donde se efectúa la medición.

#### 2.3.22 Relación de presiones

En la figura 2.13 se muestra las relaciones que se tiene con las presiones:

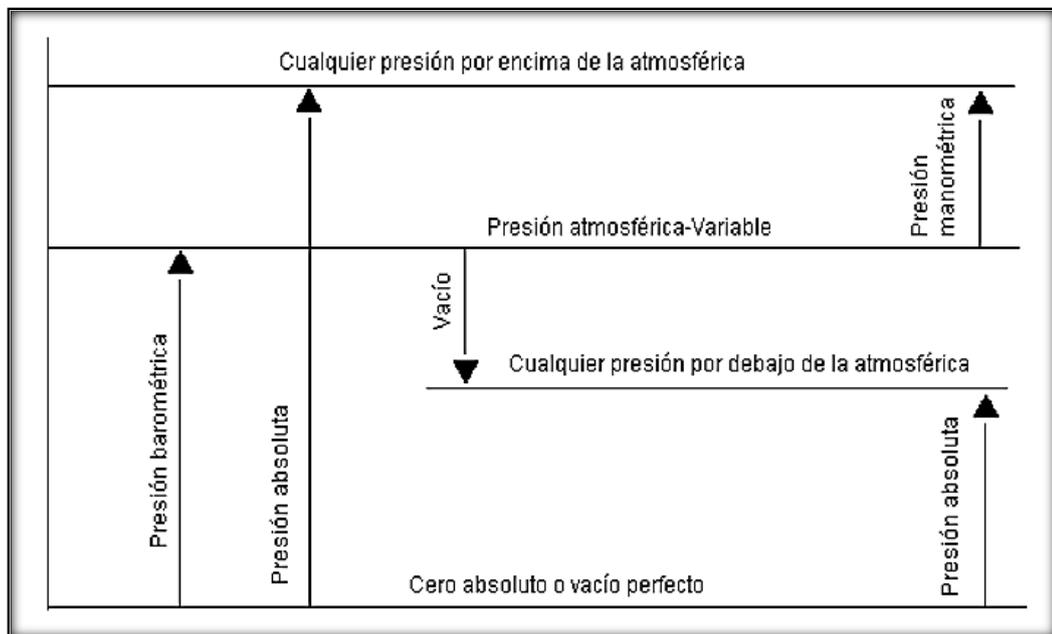


Figura 2-13 Relación de presiones

Fuente: (STRETEER, 2010)

Las unidades más usadas de presión son:  $PSI = \left[ \frac{Lb}{ptg^2} \right]$  en el sistema Inglés y en el Sistema Internacional  $\left[ \frac{N}{m^2} \right]$

### 2.3.22.1 Caudal

Es el volumen por unidad de tiempo que atraviesa una sección transversal de un conducto, se pueden relacionar el caudal ( $Q$ ) con la velocidad ( $v$ ) como se muestra en la ecuación 2.2:

$$Q = A * V \qquad \text{Ecuación 2.2}$$

Dónde:

$$Q = \text{Caudal} \left[ \frac{m^3}{s} \right]$$

$$v = \text{Velocidad promedio del flujo} \left[ \frac{m}{s} \right]$$

$$A = \text{Área transversal de la sección} [m^2]$$

### 2.3.23 Dinámica de los fluidos

Estudia las fuerzas que se desarrollan en un fluido en movimiento. Dos conceptos fundamentales se utilizan en la derivación de las ecuaciones del movimiento de los fluidos, estos son el Principio de Conservación de la Masa y las tres leyes de Newton.

Un fluido cambia sus propiedades físicas generales en pequeña escala de un punto a otro, conforme la partícula se mueve cambia su velocidad y su densidad de un instante a otro [13].

#### 2.3.23.1 Flujo laminar

Las líneas de corriente son paralelas entre sí, en el flujo laminar el gradiente de velocidades es diferente de cero, el perfil de velocidad es una curva de forma suave y el fluido se mueve a lo largo de líneas de corriente de aspecto aislado.

El flujo se denomina laminar porque aparece como una serie de capas delgadas de fluido que se deslizan unas sobre otras, las partículas de fluido se mueven a lo largo de las líneas de corriente fijas y no se desplazan de una a otra.

### 2.3.23.2 Flujo turbulento

Las líneas de corriente se entrecruzan entre si y tienen formas diferentes. El flujo turbulento es más comúnmente desarrollado debido a que la naturaleza tiene tendencia hacia el desorden y esto en términos de flujos significa tendencia hacia la turbulencia, este tipo de flujo se caracteriza por trayectorias circulares erráticas, semejantes a remolinos.

El flujo turbulento ocurre cuando las velocidades de flujo son generalmente muy altas o en fluidos en los que las fuerzas viscosas son muy pequeñas, la turbulencia puede originarse por la presencia de paredes en contacto con el fluido o por la existencia de capas que se muevan a diferentes velocidades.

Además, un flujo turbulento puede desarrollarse bien sea en un conducto liso o en un conducto rugoso (fluidos).

### 2.3.24 Tipos de flujo en la tubería

Se puede cuantificar numéricamente el tipo de flujo presente en un conducto mediante un coeficiente adimensional llamado número de Reynolds, como se muestra en la figura 2.14.

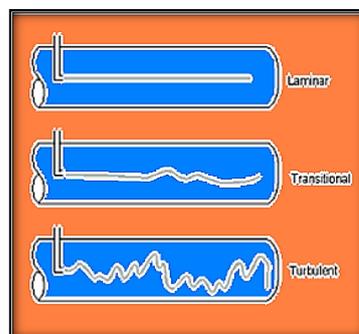


Figura 2-14 Flujo en la tubería

Fuente: ([www.monografias.com/tipos-de-flujos.shtml](http://www.monografias.com/tipos-de-flujos.shtml))

### 2.3.24.1 Número de Reynolds

Este número es adimensional y puede utilizarse para definir las características del flujo dentro de una tubería, dicho número o combinación adimensional aparece en muchos casos relacionado con el hecho de que el flujo pueda considerarse laminar (número de Reynolds pequeño) o turbulento (número de Reynolds grande). Desde un punto de vista matemático el número de Reynolds de un problema o situación concreta se define por medio de la ecuación 2.3 así:

$$R_e = \frac{\text{fuerzas Inerciales}}{\text{Fuerzas viscosas}} = \frac{\rho v D}{\mu} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Dónde:

$R_e$  = Número de Reynolds.

$\rho$  = Densidad del fluido.

$v$ : Velocidad promedio del fluido.

$D$ : Diámetro del ducto. [ $m$ ].

$\mu$ : Viscosidad dinámica del fluido  $\left[\frac{m^2}{s}\right]$ .

También podemos expresar el número de Reynolds en base a la viscosidad cinemática por la ecuación 2.4 de la siguiente manera:

$$R_e = \frac{vD}{\gamma} [\text{adimensional}] \quad \text{Ecuación 2.4}$$

### 2.3.24.2 Números de Reynolds críticos

a) Para valores de  $R_e \leq 2000$  el flujo se mantiene estacionario y se comporta como si estuviera formado por láminas delgadas, que interactúan solo en base a esfuerzos tangenciales, por eso a este flujo se le llama flujo laminar.

b) Para valores de  $2000 \leq R_e \leq 4000$ , a este régimen se denomina de transición ó región crítica y es imposible predecir que flujo existe, las aplicaciones prácticas involucran flujos que se encuentren bien dentro del rango laminar o bien dentro del rango turbulento, por lo que la existencia de dicha región de incertidumbre no ocasiona demasiadas dificultades.

c) Para valores de  $Re \geq 4000$ , a este régimen es llamado turbulento, es decir caracterizado por un movimiento desordenado, no estacionario y tridimensional [5].

### 2.3.25 Ecuación de la continuidad

Basada principalmente en el principio de conservación de la masa, la materia que entra es la misma que sale, la ecuación de continuidad para los líquidos considera que el caudal será constante para las diferentes secciones de una instalación por la que atraviese el fluido teniendo así la ecuación 2.5:

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 \qquad \text{Ecuación 2.5}$$

Donde:

$A_1 = \text{Área 1.}$

$A_2 = \text{Área 2.}$

$V_1 = \text{Velocidad 1.}$

$V_2 = \text{Velocidad 2.}$

Por lo mencionado en la ecuación 2.5 tenemos que:

$Q_1 = Q_2$  (El caudal que entra es igual al que sale).

#### 2.3.25.1 Ecuación de energía

Al existir movimiento de fluidos en tuberías el mismo utiliza y transforma la energía. La mayor porción de esta energía está presente de tres principales maneras: energía cinética, energía potencial y energía de posición como lo muestra la ecuación 2.6:

$$E_{\text{total}} = E_c + E_p + E_e \qquad \text{Ecuación 2.6}$$

Dónde:

$E_c = \text{Energía Cinética [J].}$

$E_p = \text{Energía Potencial [J].}$

$E_e = \text{Energía de posición [J].}$

### 2.3.25.2 Energía cinética

La energía cinética de la masa del fluido ( $m$ ) es la medida de la capacidad del fluido de hacer un trabajo en virtud de su velocidad ( $V$ ).

Su magnitud es comúnmente expresada como muestra la ecuación 2.7:

$$E_c = \frac{1}{2} Vm \quad \text{Ecuación 2.7}$$

La misma ecuación 2.7 expresada por unidades de energía y peso se obtiene la ecuación 2.8:

$$E_c = \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2.8}$$

Dónde:

$v$  = Velocidad del fluido.

$g$  = Aceleración de la gravedad.

$m$  = Masa total del fluido que pasa a través de la sección de tubería [ $Kg$ ].

### 2.3.25.3 Energía potencial

La energía de presión o potencial es la medida del trabajo realizado por la fuerza debido a la presión en la masa del fluido [7].

Su magnitud es comúnmente expresada como lo muestra la ecuación 2.9:

$$E_p = PAV \quad \text{Ecuación 2.9}$$

La misma ecuación 2.9 expresada por unidades de energía y peso se obtiene la ecuación 2.10:

$$E_p = \frac{P}{\gamma} \quad \text{Ecuación 2.10}$$

Dónde:

$P$  = Presión en una sección cualquiera de la tubería [ $KPa$ ].

$A$  = Área transversal de la tubería.

$v$  = Velocidad de flujo del fluido

$$\gamma = \text{Peso específico del fluido } \frac{KN}{m^3}$$

#### 2.3.25.4 Energía de posición o elevación

La energía de posición (elevación) contenida en la masa de un fluido en movimiento se mide respecto de un plano o altura de referencia. es la energía requerida para elevar el fluido a esa posición. Si la masa del fluido es elevada a una posición  $Z$  arriba de la altura de referencia la energía requerida es como se muestra en la ecuación 2.11:

$$E_e = WZ \quad \text{Ecuación 2.11}$$

Dónde:

$W = \text{Peso [Kg]}$ .

$z = \text{Distancia medida desde el punto de referencia [m]}$ .

#### 2.3.26 Flujo de fluidos en tuberías

##### 2.3.26.1 Teorema de Bernoulli

El teorema de Bernoulli es una forma de expresión de la Ley de Conservación de la energía para el flujo de fluidos en un conducto, esta ecuación es un balance energético entre dos secciones de flujo en un conducto.

En cada sección de flujo existen energías correspondientes a la presión, velocidad (energía cinética) y a su posición (energía potencial), de tal manera que se puede conocer la energía total existente en una sección.

La ecuación de Bernoulli considera que la energía no se altera es decir se mantiene constante, esto en un proceso sin pérdidas, significa que entre dos secciones cualquiera de un conducto se cumple la ecuación de Bernoulli que es:

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B \quad \text{Ecuación 2.12}$$

Dónde:

$P$  = Presión del fluido.

$V$  = Velocidad del fluido.

$Z$  = Altura.

$g$  = Aceleración de la gravedad.

$\gamma$  = Peso específico del fluido.

La ecuación de Bernoulli toma en cuenta los cambios en la carga de elevación, carga de presión y carga de velocidad entre dos puntos en un sistema de flujo de fluido, se supone que no hay pérdidas o adiciones de energía entre los dos puntos, por lo que la carga total permanece constante.

### **2.3.26.2 Restricciones de la ecuación de Bernoulli**

Aunque la ecuación de Bernoulli es aplicable a bastantes problemas prácticos, hay limitaciones que debemos conocer, a fin de aplicarla con propiedad.

- Es válida solo para fluidos incompresibles, porque se supone que el peso específico es el mismo en las dos secciones de interés.
- No puede haber dispositivos mecánicos que agreguen o retiren energía del sistema entre las dos secciones de interés, debido a que la ecuación establece que la energía en el fluido es constante.
- No puede haber transferencia de calor hacia el fluido o fuera de este.
- No puede haber pérdidas de energía debido a fricción.

### **2.3.26.3 Aplicaciones de la ecuación de Bernoulli**

La ecuación de Bernoulli es uno de los pilares fundamentales de la hidrodinámica; son innumerables los problemas prácticos que se resuelven con ella:

- Determina la altura a que debe instalarse una bomba.
- Es necesaria para el cálculo de la altura útil o efectiva en una bomba.
- Estudia el problema de la cavitación con ella.
- Interviene en el cálculo de tuberías de casi cualquier tipo [13].

### 2.3.27 Balance energético considerando pérdidas de carga

En la figura 2.15 se presenta un esquema de la ecuación de la energía considerando pérdidas.

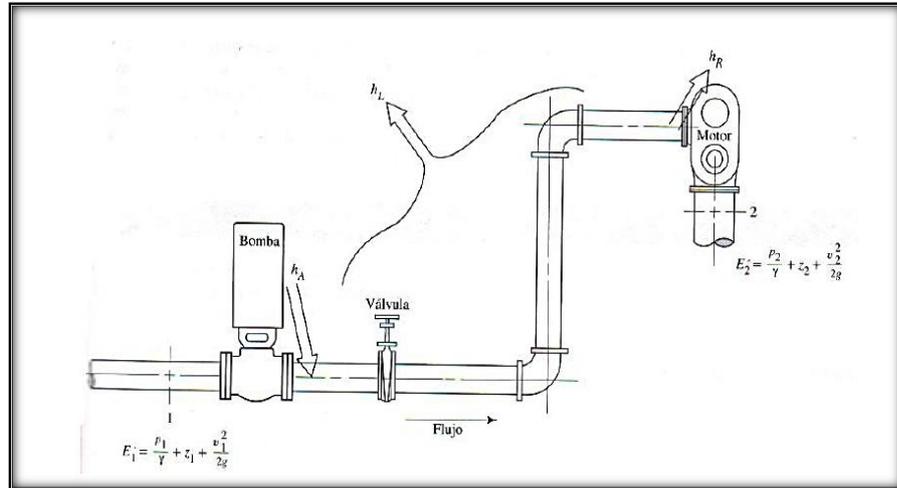


Figura 2-15 Esquema de la ecuación de la energía considerando pérdidas

Fuente: (Robert Mott, 2010)

Dónde:

$h_b$  = Energía que se agrega al fluido con un dispositivo mecánico, como una bomba.

$h_r$  = Energía que se remueve del fluido por medio de un dispositivo mecánico como un motor.

$h_L$  = Pérdidas de energía del sistema por la fricción en tuberías, o pérdidas menores por válvulas u otros accesorios.

### 2.3.28 Pérdidas de energía en la tubería

La pérdida de carga que tiene lugar en el transporte de fluidos por tuberías representa la pérdida de energía de un flujo hidráulico. Las pérdidas de carga en las tuberías se dividen en dos clases: primarias y secundarias.

#### 2.3.28.1 Pérdidas primarias

La ecuación de Darcy Weisbach la vamos a emplear para los cálculos de pérdidas de energía por la fricción en las secciones del sistema de tubería que sean rectilíneas y largas en la tubería PVC que es de sección redonda, la diferencia

entre los dos flujos está en la evaluación del factor de fricción adimensional **f** [13]. Así la ecuación de Darcy es:

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad \text{Ecuación 2.13}$$

Dónde:

$h_f$  = pérdida por fricción [m].

f = Factor de fricción

L = Longitud de la tubería [m].

D = Diámetro interno de la tubería [m]

v = Velocidad promedio del fluido [ $\frac{m}{s}$ ].

g = Gravedad.

### 2.3.28.2 Pérdidas Secundarias por Accesorios

Los sistemas de tuberías por lo general tienen que ser adaptados a las circunstancias para los que están siendo diseñados, por esta razón van a estar sometidos a cambios de dirección ya sea por la geografía del terreno o por la versatilidad que le queramos brindar al sistema en si, por lo tanto el sistema de tuberías va a tener tramos rectos (pérdidas primarias) y curvos al mismo tiempo, lo que va a ocasionar pérdidas de energía en cada uno de los accesorios utilizados para el cambio de dirección o el paso del fluido en el sistema. La magnitud del coeficiente de resistencia depende de la geometría del accesorio que ocasiona la pérdida y en ocasiones depende de la velocidad de flujo [2].

Así la ecuación de pérdidas secundarias o menores es:

$$h_L = K * \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2.14}$$

Dónde:

K = Coeficiente de resistencia

$\frac{L_e}{D}$  = Longitud equivalente en diámetros de conducto (adimensional) este valor se toma de tablas

$V^2$  = Velocidad promedio del flujo en  $[\frac{m}{s}]$

$f_T$  = Factor de fricción (adimensional).

### 2.3.28.3 Pérdidas Secundarias por Acoplamientos

Al referirnos a acoplamientos estamos mencionando a aquellos accesorios que cambian el trayecto del flujo o hacen que cambie sus propiedades físicas, entre estos tenemos los té, codos de varias aberturas, boquillas, etc. El valor de  $K$  se lo determina con la siguiente ecuación:

$$K = f_T * \frac{L_e}{D} \quad \text{Ecuación 2.15}$$

Dónde:

$\frac{L_e}{D}$  = Relación de longitud equivalente y se considera constante para un tipo dado de válvula o acoplamiento (adimensional).

$L$  = Longitud equivalente [m].

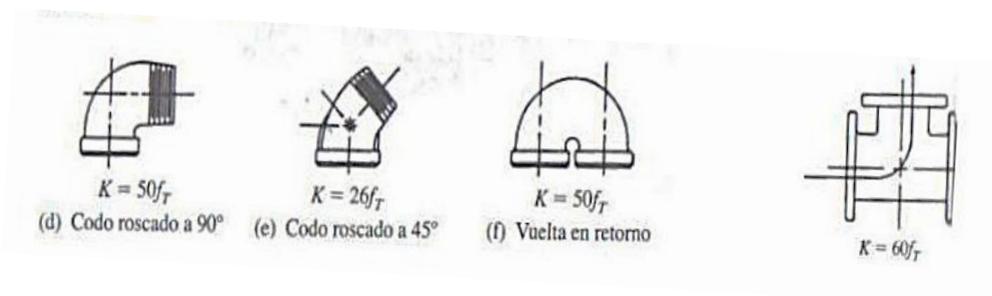
$D$  = Diámetro interior real de la tubería [m].

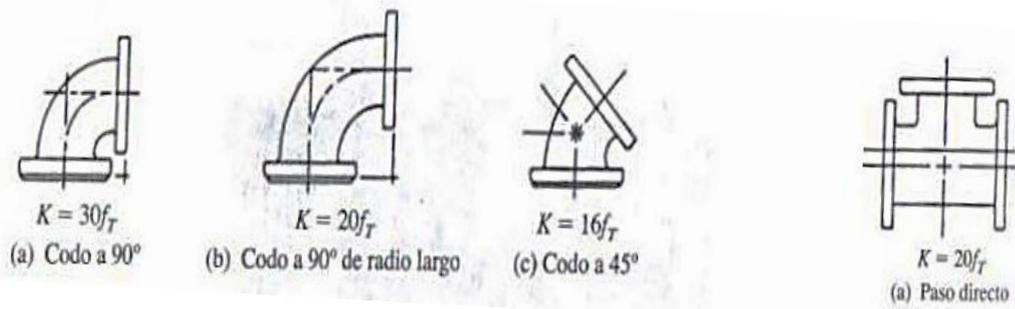
$\kappa$  = Factor de fricción de la tubería.

Los valores de  $f_T$  varían según el tamaño de la tubería y la válvula lo que hace que el valor del coeficiente de resistencia  $K$  también varíe.

#### a) Acoplamientos

Los acoplamientos dirigen la trayectoria del flujo o hace que cambie su tamaño incluye codos de varios diseños, té, reductoras, boquillas y orificios.





**Figura 2-16 Acoplamientos**

**Fuente: (Robert Mott, 2010)**

La pérdida de energía que tiene lugar cuando el fluido circula por una válvula o acoplamiento se calcula con la ecuación de pérdidas menores, sin embargo, el método para determinar el coeficiente de resistencia  $f$  es diferente. El valor de  $K$  se lo calcula como en la ecuación 2.15 [5].

### 2.3.28.4 Pérdidas por fricción en el flujo turbulento

En este tipo de flujo es conveniente usar la ecuación de Darcy, el factor de fricción  $f$  depende de dos parámetros adimensionales, el número de Reynolds y la rugosidad relativa de la tubería.

La rugosidad relativa es la relación del diámetro de la tubería  $D$  a la rugosidad promedio de su pared  $\epsilon$  (letra griega épsilon). La condición de la superficie depende sobre todo del material del que está hecho el tubo y del método de fabricación, debido a que la rugosidad es algo irregular se deberá tomar valores promedios indicados en la tabla 2.14.

**Tabla 2.14 Rugosidad de tubos**

Material	Rugosidad $\epsilon$ (m)	Rugosidad $\epsilon$ (pie)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	$3.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-6}$
Tubo extruido; cobre, latón y acero	$1.5 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$
Acero, comercial o soldado	$4.6 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$
Hierro galvanizado	$1.5 \times 10^{-4}$	$5.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, recubierto	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, no recubierto	$2.4 \times 10^{-4}$	$8.0 \times 10^{-4}$
Concreto, bien fabricado	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Acero remachado	$1.8 \times 10^{-3}$	$6.0 \times 10^{-3}$

**Fuente: (Robert Mott, 2010)**

## 2.3.29 Métodos para encontrar el factor de fricción

### 2.3.29.1 Diagrama de Moody

Es uno de los métodos utilizado para evaluar el factor de fricción, este método depende de los siguientes factores:

- Número de Reynolds.  $[Re]$
- Rugosidad Relativa.  $[\epsilon]$
- Diámetro Interno de la tubería.  $[D]$

El diagrama se representa en la figura 2.17.

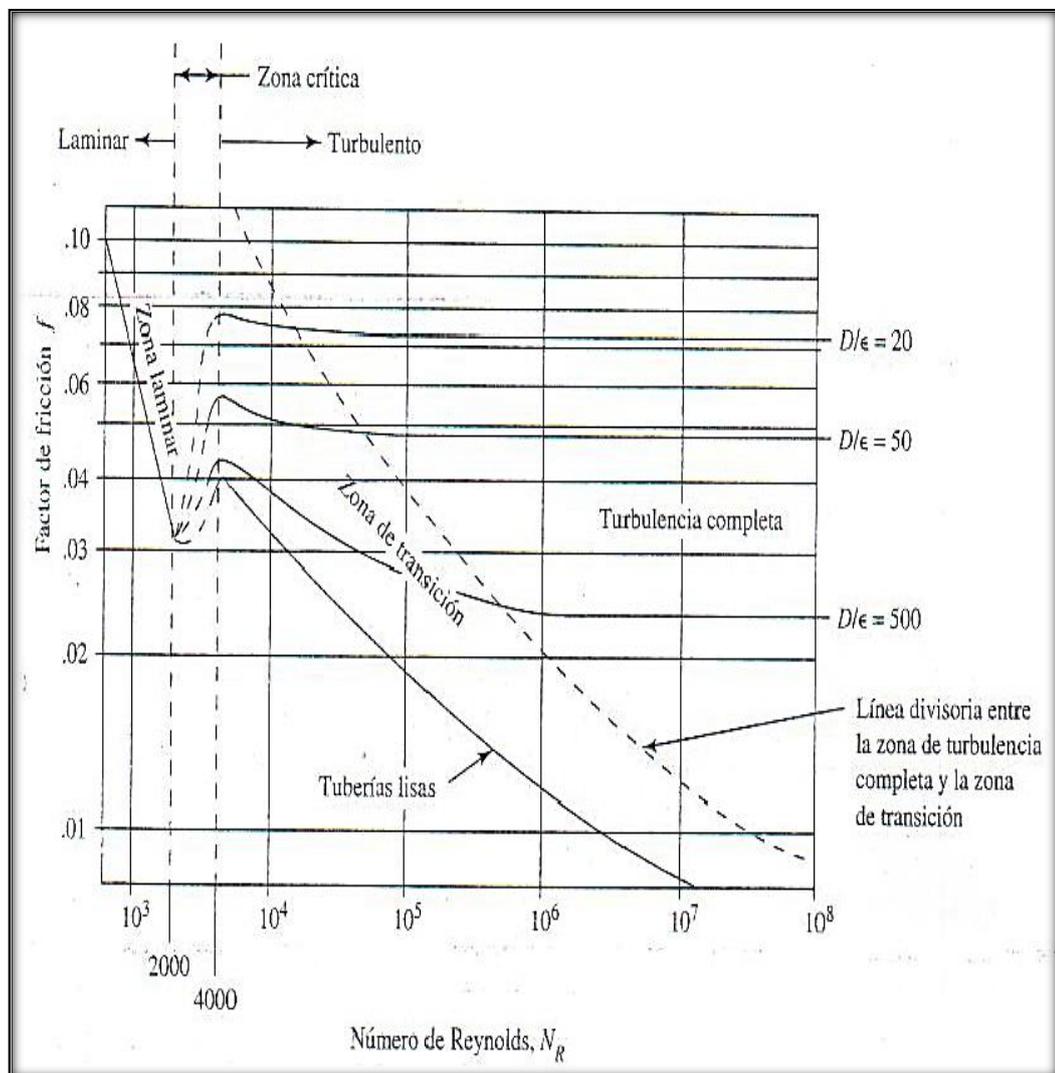


Figura 2-17 Diagrama de Moody

Fuente: (Robert Mott, 2010)

El diagrama muestra la gráfica del factor de fricción  $f$  versus el número de Reynolds  $Re$ , con una serie de curvas paramétricas relacionadas con la rugosidad relativa  $D/\epsilon$  [5].

### 2.3.29.2 Ecuación de P. k. Swamee y S. K. Jain

Esta ecuación nos permite el cálculo directo del factor de fricción para un flujo turbulento y está dado por la ecuación 2.16:

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7 \left( \frac{D}{\epsilon} \right)} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ecuación 2.16}$$

Dónde:

$\epsilon$  = Rugosidad de conducto [m], este valor lo obtenemos del Anexo 13, de la tabla de rugosidad de conducto para diseño

### 2.3.30 Propiedades para el diseño mecánico

Para el diseño mecánico los materiales a estudiarse deben estar analizados de la mejor forma posible ya que los mismos tienen propiedades físicas que permiten caracterizar y cuantificar su comportamiento así como distinguirlos de otros.

#### 2.3.30.1 Flexión

Esta ecuación nos muestra que el momento flector  $M$  es inversamente proporcional al momento de la inercia  $I$  de la sección transversal, si el momento flector de la viga es positivo las tensiones de flexión serán positivas o de tracción ósea sobre la parte inferior de la viga, las tensiones en la parte superior de la viga serán negativas, si el momento flector es negativo las tensiones se invertirán [14].

$$\sigma = \frac{M}{I} \quad \text{Ecuación 2.17}$$

### 2.3.30.2 Tensiones máximas en una sección transversal

Las tensiones de flexión máxima y de compresión actúan en cualquier sección transversal dada, ocurren en puntos localizados a la mayor distancia del eje neutral por ello podemos remplazar la inercia de la ecuación 2.17 por la W y tenemos la ecuación 2.18.

$$\sigma_1 = \frac{M}{W} \quad \text{Ecuación 2.18}$$

La cantidad W se le conoce como módulo resistente a la tensión del área transversal y está dada por la ecuación 2.19:

$$W = \frac{I}{C} \quad \text{Ecuación 2.19}$$

C es la distancia ya sea superior o inferior de la viga y siempre serán positivas [14], para una viga de sección rectangular con un ancho b y de altura h, el momento de inercia y el modulo resistente son como lo indica la ecuación 2.20:

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad \text{Ecuación 2.20}$$

Por lo tanto de las ecuaciones 2.19 y 2.20 tenemos el W para una sección rectangular como la ecuación 2.21:

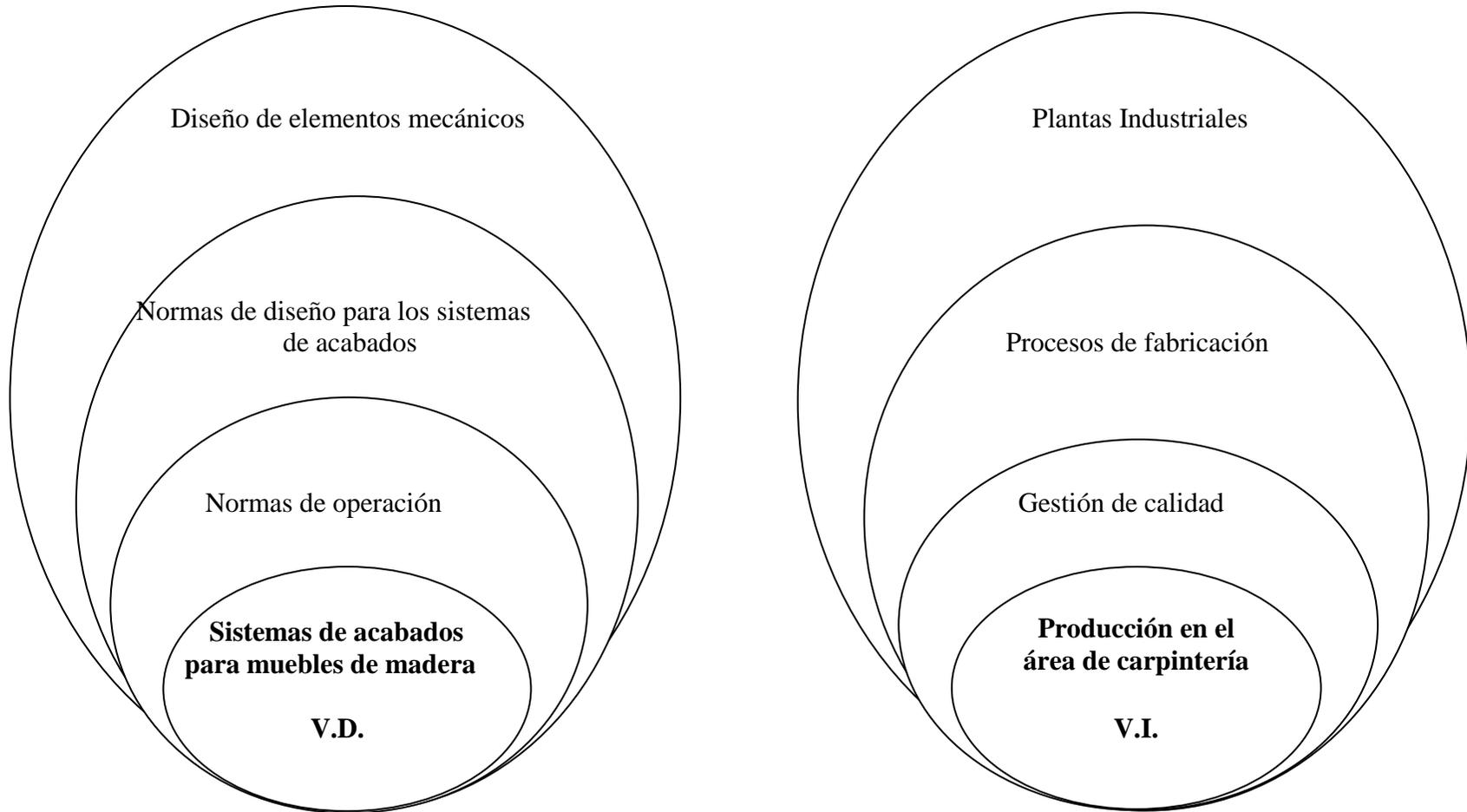
$$W = \frac{bh^2}{6} \quad \text{Ecuación 2.21}$$

### 2.3.31 Rendimiento y eficiencia

Por lo general se puede expresar el rendimiento al comparar las áreas de aprovechamiento que se tienen en lugares abiertos y dentro de un sistema, además de observar que la calidad del producto final será superior al no tener incrustaciones de materia prima o elementos de desecho que se encuentran dispersos en el aire los cuales disminuyen la calidad del trabajo final, se garantiza la eficiencia, además de cuidar la salud de los operarios que es una de las ventajas que se tendría al implementarse los sistemas adecuados para el proceso de acabados en las empresas.

### 2.3.32 Red de categorías fundamentales

84



Fuente: Autor

## **2.4 Fundamentación legal**

Para el desarrollo del presente trabajo investigativo podemos decir que son pocos los datos que están específicamente relacionados con el efecto en la producción del área de carpintería, (en el Instituto Juan XXIII de la ciudad del Tena), razón por la cual este trabajo investigativo es de mi total autoría.

## **2.5 Hipótesis**

Evaluar de forma correcta los sistemas de acabados para muebles de madera nos permitirá conocer el efecto que tienen en la producción del área de carpintería que realiza el Instituto JUAN XXIII, en la ciudad del Tena - Napo.

## **2.6 Señalamiento de variables**

### **Variable Independiente**

Sistemas de acabados para muebles de madera.

### **Variable Dependiente**

Producción del área de carpintería.

### **Término de relación**

Efecto en la producción.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Metodología básica de la investigación**

En el presente trabajo investigativo se efectuó un análisis cualitativo y cuantitativo, en base a los datos obtenidos en las instalaciones del Instituto Tecnológico Fisco-misional Juan XXIII.

#### **3.2 Modalidad y tipo de investigación**

La presente investigación se basó en el campo exploratorio y científico; esta modalidad toma contacto en forma directa con la realidad para obtener información de acuerdo al objetivo del proyecto.

##### **3.2.1 Modalidad de investigación**

###### **3.2.1.1 Experimental**

En esta investigación se estudió las relaciones de causalidad utilizando la metodología experimental con la finalidad de controlar los fenómenos ligados al tema de investigación. Se fundamenta en la manipulación activa y el control sistemático de las variables independientes.

###### **3.2.1.2 Tipo**

###### **a) Exploratorio**

Se realiza cuando no se tiene una idea precisa de lo que se desea estudiar o cuando el problema es poco conocido por el investigador, este tipo de investigación ayuda al planteamiento del problema.

###### **b) Descriptivo**

Esta investigación se la realiza describiendo el problema en una circunstancia especial determinada, es la más adecuada al problema planteado por su origen y desarrollo.

### **c) Explicativo**

Explica los fenómenos y el estudio de sus relaciones para conocer su estructura y los aspectos que intervienen en su dinámica.

## **3.2.2 Nivel de investigación**

### **3.2.2.1 De campo**

En el presente trabajo se utilizó la modalidad de investigación de campo para la obtención de los datos necesarios para el estudio, para de esta manera interpretar los resultados de la investigación.

### **3.2.2.2 Experimental**

Se utilizó esta modalidad debido a que la investigación necesariamente requiere la manipulación de las variables tanto dependientes como independientes, para de esta manera demostrar la hipótesis.

## **3.3 Población y muestra**

### **3.3.1 Población o universo**

La población o universo en la presente investigación está catalogada dentro de un parámetro finito, es decir, estuvo sujeta a la relación directa entre la producción que existía y la que existirá después de la investigación planteada para de esta manera comprobar la hipótesis propuesta.

El objeto de este estudio en este caso específico fueron los sistemas de acabados los cuales mejoren con notoriedad la calidad del producto, y por lo tanto, la producción de los muebles de madera en el Instituto “Juan XXIII”.

Mediante las encuestas se determinó que las carpinterías y mueblerías consumen un promedio de 1,8m<sup>3</sup> por mes (46 doble piezas) y el consumo es de un total de 191m<sup>3</sup> de madera semi-procesada (4297 doble piezas).

Los carpinteros compran madera de finqueros (50%), de aserraderos (28%), depósitos (15%) y/o comerciantes (7%).

Un 30% de todos los carpinteros preparan la madera ellos mismos, los otros la llevan a un pre-aserradero para prepararla, o compran madera ya preparada.

Por eso hay 57m<sup>3</sup> en doble piezas (115 m<sup>3</sup> de madera en pie) que va directamente del finquero a las carpinterías/mueblerías sin pasar por otros actores. Las maderas más usadas son Canelo, Cedro y Laurel.

Con estos datos podemos decir que en promedio se construyen en un taller de mediana producción 50 distintos muebles.

En una ciudad mediana como lo es la ciudad del Tena se estima que existirán 40 lugares destinados a la producción de muebles de madera<sup>1</sup>.

### **3.3.2 Muestra**

Como la población es de tamaño finito, debido a que el estudio se realiza dentro de un centro de estudios y en una carrera en específico, la muestra serán todos los involucrados dentro de este campo, es decir estudiantes y docentes.

### **3.4 Operacionalización de variables**

Es el proceso por medio del cual se pasa del plano abstracto de la investigación al plano concreto, transformando la variable a categorías, las categorías a indicadores, los indicadores a ítems para facilitar la recolección de la información por medio de un proceso de deducción lógica. Todo esto se lo realiza para comprobar la hipótesis como se demuestra en las tablas de las variables tanto dependiente como independiente.

---

<sup>1</sup> Recolección realizada por los estudiantes de carpintería del Instituto Juan XIII en el período 2011-2012, junto con su profesor (Fuente:, El Autor).

### 3.4.1 Variable dependiente

Tabla 3.1 Sistemas de acabado para muebles de madera

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS INSTRUMENTOS <sup>E</sup>
<p><b>Sistemas de acabado para muebles de madera.</b>- los sistemas de acabados para muebles de madera ayudan a los fabricantes a tener un ambiente limpio a la hora de realizar el proceso final de la construcción de un mueble de madera, así comprendiendo y evaluando los distintos sistemas de acabados para muebles de madera podremos escoger el mas adecuado para nuestras circunstancias.</p>	<p>Material del sistema de acabados</p>	<p>Sistemas de filtración con agua.</p>	<p>Materiales mas utilizados para los sistemas de acabados</p>	<p>Observación directa.</p> <p>Tablas de cotejo</p> <p>Bibliografía</p>
		<p>Sistemas de filtración de seco.</p>	<p>Ambientes de los sistemas de acabados para muebles de madera</p>	<p>Observación directa.</p>
		<p>Sistemas con filtración de aire.</p>	<p>Tablas de cotejo</p>	

Fuente: Autor

### 3.4.2 Variable independiente

Tabla 3.2 Producción del área de carpintería

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p><b>Producción del área de carpintería.-</b> la producción del área de carpintería del Instituto JUANXXIII de pa ciudad del Tena-Napo, se ve ligada a la capacidad que posean tanto estudiantes como docentes para permanecer dentro del taller donde se laboran los muebles de madera, y de la habilidad que estos desarrollen en un ambiente mas limpio.</p>	<p>Rendimiento del sistemas de acabados</p> <p>Producción</p>	<p>Distancia de operación</p> <p><math>\frac{mg}{m^3}</math></p>	<p>(0.5m; 0.75m; 1m)</p> <p>Cantidad de tiempo de exposición a los contaminantes</p>	<p>Observación directa.</p> <p>Tablas de cotejo</p> <p>Bibliografía</p> <p>Observación directa.</p> <p>Tablas de cotejo</p> <p>Antecedentes estadísticos</p>

Fuente: Autor

### 3.5 Plan de recolección de información

**Tabla 3.3 Plan de recolección de datos**

Técnicas	Tipos	Instrumentos	Instrumentos de Registro
Observación	Directa-Indirecta Participativa-No Participativa Estructurada-No Estructurada Individual-En equipo De campo- Laboratorio	Guía de Observación Lista de Cotejo Escala de Observación Cuaderno de Notas	Papel y Lápiz Cámara Fotográfica Video Grabadora Grabadora de sonido
Entrevista	Estructurada-No Estructurada, Semi-estructurada, Focalizada	Cuestionario Guía de Entrevista	Papel y Lápiz Video Grabadora Grabadora de sonido
Encuesta	Preguntas. Cerradas Preguntas. Semi-abiertas Preguntas. Abiertas	Cuestionario Escalas, Test Prueba de Conocimiento	Papel y Lápiz
Revisión Documental		Matriz de Categorías	Papel y Lápiz

**Fuente: Autor**

### **3.6 Plan de procesamiento de la información**

Para el procesamiento y análisis de la información se establece una guía adecuada a seguir para la realización de la práctica, con la implementación de tablas de cotejo entre el ámbito laboral y experimental.

Se realizaron pruebas de calidad en prototipos de cámaras con la presencia de docentes calificados del área de diseño mecánico.

Con la información obtenida se procede de la siguiente forma:

- Revisión crítica de la información recopilada
- Comparar las tablas de cotejo laboral-experimental
- Elaborar una guía práctica a cerca de la utilización del proceso más eficiente para los acabados de los muebles de madera<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Idea sugerida por los estudiantes de Ingeniería Civil y Mecánica, Marzo 2012.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de resultados

Es importante validar los resultados obtenidos de una matriz de selección con información numérica.

La misma se utiliza de la siguiente forma:

- a) Establecer el objetivo principal que se va alcanzar y las opciones que ayuden a lograrlo.
- b) Generar los criterios por los cuales se juzgarán las opciones, es posible obtener los criterios empleando una tormenta de ideas.
- c) Juzgar cada criterio contra todos los demás para crear una matriz de pares, es decir hacer una tabla en la que se nombren las filas y columnas con cada uno de los criterios, comparar la importancia de cada uno de ellos contra los demás.
- d) Para nuestra consideración se ha eliminado los criterios de 5 = Más importante, 1/5 = Menos importante, para dar mayor holgura y poder de decisión hacia los criterios que vamos a utilizar y así tener una diferencia bien marcada de la mejor opción para escoger el sistema de acabados más óptimo para el uso de la institución beneficiaria.

10 = Mucho más importante; 1 = Igual; 1/10 = Mucho menos importante

Por último, realizaremos la matriz final, daremos nombres a las filas con las opciones y las columnas con los criterios, multiplicamos el Factor de Ponderación (FP) por el Peso de la Opción (PO) respectivo, luego sumamos cada fila para obtener el puntaje final para cada opción y finalmente seleccionaremos la opción de mayor puntaje.

De los ítems 2.3.1 a 2.3.7 se toma en cuenta tanto las ventajas y desventajas de los sistemas mas conocidos en el ámbito laboral, los mismos los utilizamos en la tabla 4.1 para dar el peso específico para cada uno de los criterios.

Costo > Espacio > Manejo > Montaje > Mantenimiento > Consumo Energético

**Tabla 4.1 Evaluación del peso específico de cada criterio**

Criterio	Costo	Espacio	Manejo	Montaje	Mantenimiento	Cons. Energético	Σ	Ponderado
<b>Costo</b>		10	10	10	1	1	32	0,31
<b>Espacio</b>	0,1		1	1	0,1	0,1	2,3	0,02
<b>Manejo</b>	0,1	1		1	0,1	0,1	2,3	0,02
<b>Montaje</b>	0,1	1	1		0,1	0,1	2,3	0,02
<b>Mantenimiento</b>	1	10	10	10		1	32	0,31
<b>Cons. Energético</b>	1	10	10	10	1		32	0,31
				<b>SUMA TOTAL</b>			<b>102,9</b>	1,00

Fuente: Autor

En la tabla 4.2 se evalúa el criterio de costos.

Cortina de Agua > Filtración de Aire = Acabados en Seco > Con Recuperación

**Tabla 4.2 Evaluación del peso específico del criterio Costo**

Costo	Cortina de Agua	Filtración de aire	Acabados en seco	con recuperación	Σ	Ponderado
Cortina de Agua		10	10	10	30	0,57
Filtración de aire	0,1		1	10	11,1	0,21
Acabados en seco	0,1	1		10	11,1	0,21
Con Recuperación	0,1	0,1	0,1		0,3	0,01
				<b>SUMA TOTAL</b>	52,5	1,00

Fuente: Autor

En la tabla 4.3 se evalúa el criterio de Espacio.

Cortina de Agua > Filtración de Aire = Acabados en Seco > Con Recuperación

**Tabla 4.3 Evaluación del peso específico del criterio Espacio**

Espacio	Agua	Filtración de aire	Acabados en seco	Con Recuperación	Σ	Ponderado
Agua		10	10	10	30	0,69
Filtración de aire	0,1		1	10	11,1	0,26
Acabados en seco	0,1	1		1	2,1	0,05
Con Recuperación	0,1	0,1	1		1,2	0,03
			<b>SUMA TOTAL</b>		43,2	1,03

**Fuente: Autor**

En la tabla 4.4 se evalúa el criterio de Manejo:

Cortina de Agua = Filtración de Aire = Acabados en Seco > Con Recuperación

**Tabla 4.4 Evaluación del criterio de Manejo**

Manejo	Agua	Filtración de aire	Acabados en seco	Con recuperación	Σ	Ponderado
Agua	1	1	1	10	12	0,33
Filtración de aire	1	1	1	10	12	0,33
Acabados en seco	1	1	1	10	12	0,33
Con Recuperación	0,1	0,1	0,1	10	0,3	0,01
			<b>SUMA TOTAL</b>		36	1,01

Fuente: Autor

En la tabla 4.5 se evalúa el criterio de Montaje

Cortina de Agua = Filtración de Aire = Acabados en Seco > Con Recuperación

**Tabla 4.5 Evaluación del peso específico del criterio Montaje**

Montaje	Agua	Filtración de aire	Acabados en seco	Con Recuperación	Σ	Ponderado
Agua	1	1	1	10	12	0,33
Filtración de aire	1	1	1	10	12	0,33
Acabados en seco	1	1	10	10	12	0,33
Con Recuperación	0,1	0,1	0,1	10	0,3	0,01
			<b>SUMA TOTAL</b>		36	1,01

97

Fuente: Autor

En la tabla 4.6 se evalúa el criterio de Mantenimiento

Cortina de Agua > Filtración de Aire = Acabados en Seco > con recuperación

**Tabla 4.6 Evaluación del peso específico del criterio Mantenimiento**

86

Mantenimiento	Agua	Filtración de aire	Acabados en seco	Con Recuperación	Σ	Ponderado
Agua	10	10	10	10	30	0,57
Filtración de aire	0,1	1	1	10	11,1	0,21
Acabados en seco	0,1	1	10	10	11,1	0,21
Con Recuperación	0,1	0,1	0,1	10	0,3	0,01
			<b>SUMA TOTAL</b>		52,2	1,01

Fuente: Autor

En la tabla 4.7 se evalúa el criterio de Consumo Energético:

Cortina de Agua > Filtración de Aire = Acabados en Seco > Con Recuperación

**Tabla 4.7 Evaluación del peso específico del criterio Consumo Energético**

Mantenimiento	Agua	Filtración de aire	Acabados en seco	Con Recuperación	Σ	Ponderado
Agua		10	10	10	30	0,57
Filtración de aire	0,1		1	10	11,1	0,21
Acabados en seco	0,1	1		10	11,1	0,21
Con Recuperación	0,1	0,1	0,1		0,3	0,01
			<b>SUMA TOTAL</b>		52,2	1,01

Fuente: Autor

En la tabla 4.8 se recopila la información de las tablas anteriores y se pondera para saber la mejor opción para un sistema de acabados que satisfaga las necesidades del investigador y de la Institución Beneficiaria.

**Tabla 4.8 Ponderación**

	Costo	Espacio	Manejo	Montaje	Mantenimiento	Consumo Energ.	Σ	Alternativas
<b>Cámara de Agua</b>	0,18	0,015522082	0,007450599	0,007450599	0,17872502	0,17872502	0,57	4
<b>Filtración de aire</b>	0,07	0,00574317	0,007450599	0,007450599	0,066128258	0,066128258	0,22	3
<b>Acabados en seco</b>	0,07	0,001086546	0,007450599	0,007450599	0,066128258	0,066128258	0,21	2
<b>Con Recuperación</b>	0,00	0,000620883	0,000186265	0,000186265	0,00178725	0,00178725	0,01	1

**Fuente: Autor**

Por lo expuesto en la ponderación y tomando en cuenta los criterios más reconocidos para instalar un sistema de acabados, la mejor opción para ser estudiada e instalada y obtener una mejor productividad en el área de carpintería en el colegio JUAN XXIII del Tena-Napo, por ser la más barata y versátil es la alternativa número 4, que es la **CÁMARA DE ACABADOS CON CORTINA DE AGUA.**

#### 4.1.1 Cálculo de dosis antes de la realización de las medidas correctivas

En esta parte de la investigación se realizó un estudio de COV (Compuestos Orgánicos Volátiles) para el cual primero se calculó la concentración promedio, debido a que las condiciones homogéneas de trabajo y el período de referencia son de larga duración, el intervalo de medida es > 0,1 veces el valor límite según INSHT (Instituto Nacional de Seguridad Higiene y Trabajo), que regulariza la toma de muestras nos dice:

$$n_{mediciones} = \text{límite} * 0.1$$

$$n_{mediciones} = 50 * 0.1 = 5$$

El tiempo de medición es de 5 minutos, debido a que tenemos condiciones homogéneas, (según UNE-NE 689), la concentración promedio se calcula de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n}{n} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Dónde:

$C_p$  = Concentración promedio [ $\frac{mg}{m^3}$ ].

$C_i$  = Concentración de la mezcla de gases emitida por el QRAE II Model Name: PGM-2400 Serial Number: 155-109824 que mide los COV en  $\frac{mg}{m^3}$ .

En la tabla 4.9 se tabula los datos expuestos en el anexo 19.

**Tabla 4.9 Muestras obtenidas de COV**

MUESTRAS OBTENIDAS CON EL MEDIDOR DE COV									
Ambiente abierto ( $\frac{mg}{m^3}$ )					Cámara con cortina de agua ( $\frac{mg}{m^3}$ )				
180.02	222.03	198.03	220.02	190.04	60.03	40.02	30.01	20.02	30.01

**Fuente: Autor**

Procedemos a tomar los datos que nos proporciona el medidor de COV en los dos ambientes a realizarse las pruebas, es decir tanto en un ambiente abierto como en la cámara de acabados con cortina de agua y aplicamos la ecuación 4.1 primero para cuando realizamos la toma de pruebas en el ambiente abierto y tenemos:

$$C_p = \frac{(180.02 + 222.03 + 198.03 + 220.02 + 190.04)mg/m^3}{5}$$

$$C_p = 202,028 \text{ mg/m}^3$$

Una vez obtenido el  $C_p$  calculamos la concentración con la ecuación 4.2 que viene dada para un rango de trabajo de ocho horas, pero considerando el tiempo de exposición de 2 horas que tienen los estudiantes al momento del proceso de lacado de los muebles en general:

$$C_8 = C_p * \frac{T}{8} \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Por lo tanto con la ecuación 4.2 tenemos  $C_8$ :

$$C_8 = 202.028 \frac{mg}{m^3} * \frac{2h}{8h}$$

$$C_8 = 50,057 \frac{mg}{m^3}$$

Finalmente calculamos la dosis tomando el límite del contaminante según tabla BOE 33 (Boletín Oficial del Estado), tabla anexo 20 que es de  $50 \frac{mg}{m^3}$  para recubrimientos de madera:

$$D = \frac{C_8}{\text{limite en 8 horas}}$$

$$D = \frac{50.057 \frac{mg}{m^3}}{50 \frac{mg}{m^3}}$$

$$D = 1.01$$

La dosis de afectación está al borde del límite permitido, que es  $D = 1$ , por lo que se justifica dar medidas correctivas.

#### 4.1.2 Cálculo de dosis cuando ya se realizaron medidas correctivas

Como se explicó en el punto 4.1.1 sabemos que el número de mediciones para nuestro análisis es de 5 según INSHT.

$$n_{mediciones} = 5$$

Para la misma cantidad de tiempo de exposición de toma de muestras es de 5 minutos, en condiciones homogéneas, se calcula la concentración promedio con la ecuación 4.1, con los datos obtenidos en el ambiente que posee la cámara con cortina de agua:

$$C_p = \frac{(60.03 + 40.02 + 30.01 + 20.02 + 30.01) \text{mg/m}^3}{5}$$

$$C_p = 36,018 \text{ mg/m}^3$$

Con la ecuación 4.2 y con el mismo criterio sobre el tiempo de exposición de los estudiantes dentro del nuevo ambiente de trabajo tenemos un nuevo  $C_8$ :

$$C_8 = 36.018 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} * \frac{2h}{8h}$$

$$C_8 = 9,00 \text{ mg/m}^3.$$

Finalmente se calcula la dosis del Contaminante tomando el límite del contaminante según tabla BOE 33 en el anexo 20, este valor es de  $50 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$  para recubrimientos de madera:

$$D = \frac{C_8}{\text{limite en 8 horas}}$$

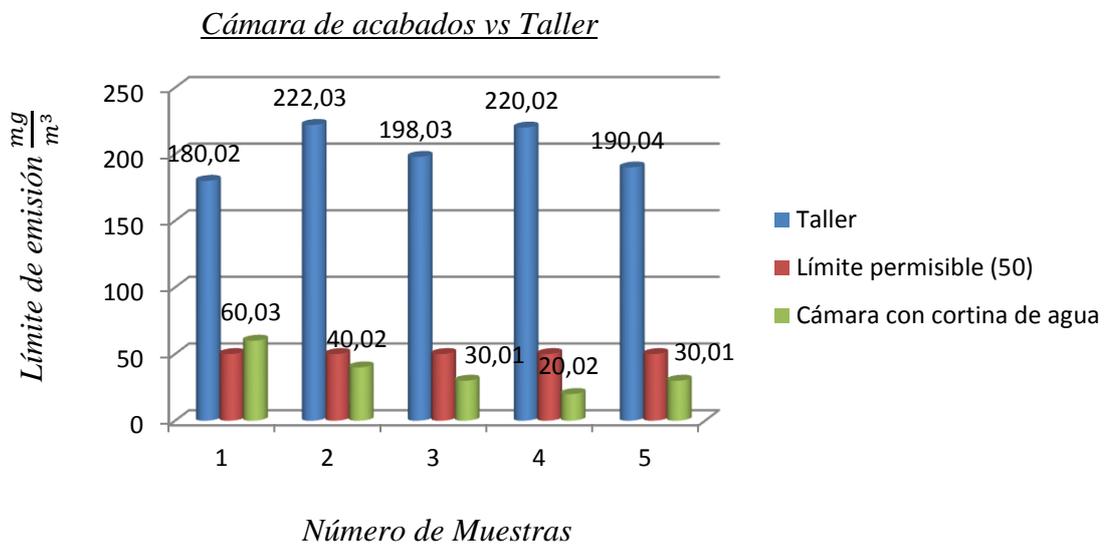
$$D = \frac{9.00 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}}{50 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}}$$

$$D = 0.18$$

Como se nota claramente  $D < 1$  por lo tanto la medida de control por medio de la cortina de agua es válida para mejorar las condiciones de trabajo en el taller de carpintería de la institución beneficiaria, ya que se redujo al 18%, de  $50.018 \frac{mg}{m^3}$  a  $9 \frac{mg}{m^3}$ .

Con la instalación del sistema de acabados con cortina de agua se obtuvo una mejor producción debido a que las personas tuvieron más capacidad de soportar la jornada de trabajo ya que mejoraron las condiciones en el ambiente laboral, al tener dosis más bajas de contaminantes y de esta manera poder permanecer más tiempo dentro del taller.

De la tabla 4.1 y el anexo 19 podemos establecer una comparación entre los límites permitidos por las normas establecidas, el ambiente de trabajo abierto y el que posee la cámara de acabados con cortina de agua, notándose que dentro de la cámara los contaminantes disminuyeron y son aceptables con los límites de contaminación, como lo muestra la figura 4.1.



**Figura 4-1 Comparación entre el taller sin la cámara con cortina de agua y con la cámara con cortina de agua, contaminante COV.**

**Fuente: Autor**

Se puede notar que en un ambiente cerrado los COV son elevados llegando a límites perjudiciales para la salud ya que tenemos concentraciones que pasan de  $150 \frac{mg}{m^3}$ , por lo expuesto anteriormente, mientras que en un ambiente limpio, como el que genera

la cámara con cortina de agua, los COV son menores que los límites permitidos por el BOE oscilando entre  $20 \frac{mg}{m^3}$  y  $60 \frac{mg}{m^3}$ , por lo que la implementación de la cámara se hace necesaria.

### **4.1.3 Análisis químico del agua, utilizado en el sistema de recirculación de la cámara de acabados para muebles**

#### **4.1.3.1 Método: Gravimétrico (secado y precipitación)**

Para comprobar la eficiencia de la cámara de acabados para muebles de madera con cortina de agua, se ha realizado un estudio del agua que se encuentra en recirculación durante el proceso, el método que se empleó para el análisis químico fue el de secado y precipitación también conocido como análisis gravimétrico.

El análisis gravimétrico es una técnica que tiene como fundamento la determinación de los constituyentes de una muestra o categorías de materiales por la medida de sus pesos.

#### **4.1.3.2 Obtención de la muestra de agua contaminada para el análisis gravimétrico**

##### **a) Materiales**

Para el análisis gravimétrico debemos tener a nuestra disposición todos los materiales necesarios para el mismo que son los que se muestran en las figuras 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6.



**Figura 4-2 Cámara de acabados para muebles de madera con cortina de agua**

**Fuente: Autor**

A continuación se presentan algunos equipos y materiales necesarios para realizar la práctica del análisis químico o del agua del sistema de cortina de agua.



a) Compresor de aire



b) Pistola de aire para pintar



c) Pintura acrílica para madera (color negro)



d) Diluyente thinner acrílico

**Figura 4-3 Materiales empleados en la práctica del análisis gravimétrico**

**Fuente: Autor**

## **b) Procedimiento**

Para realizar el análisis gravimétrico del agua del sistema se utilizó pintura para madera conocida también como laca acrílica.

La pintura se preparó con una relación de mezcla de 2:1, el diluyente utilizado fue un thinner acrílico, para la aplicación se utilizó una pistola de aire para pintura por gravedad.

El abanico que genera el soplete fue totalmente direccionado hacia la cortina de agua con el fin de obtener muestras para determinar la eficiencia del sistema, que previamente fue aislado con el fin de evitar el escape de la pintura durante la aplicación.

## **c) Obtención de muestras**

Se tomó tres muestras de agua que recircula por el sistema, que se contaminó mediante la aplicación de un litro de pintura preparado, 667 ml de pintura y 333 ml de diluyente, en un lapso de 20 minutos. Estas muestras fueron realizadas a diferentes distancias entre la superficie de la cortina de agua y el operario, con fin de determinar la distancia más eficiente en relación a la absorción de las partículas contaminantes, estas distancias fueron de 1.0, 0.75, y 0,5 metros respectivamente, una vez realizadas las pruebas obtenemos las muestras como se indica en las figuras 4.5, 4.7 y 4.8.



**Figura 4-4 Pintura aplicada**

**Fuente: Autor**



**Figura 4-5 Muestra obtenida de la cámara de acabados**

**Fuente: Autor**

Después pesamos los filtros limpios en la balanza analítica digital como se muestra en la figura 4.6, para obtener datos exactos a la hora del sacado y precipitación de los sólidos.



**Figura 4-6 Balanza digital**

**Fuente: Autor**

De cada muestra se tomaron los sólidos por medio de los filtros antes mencionados, y se los separó en probetas como muestra la figura 4.7 y 4.8.



**Figura 4-7 Filtración del agua contaminada**

**Fuente: Autor**



**Figura 4-8 Muestra obtenida de los filtros**

**Fuente: Autor**

Estas muestras se las secaron en una incubadora por 30 minutos a 30 °C, para de esta manera tener los sólidos libres de líquidos y ser precisos a la hora del realizar el cálculo como se muestra en la figura 4.9.



**Figura 4-9** Proceso de secado de los filtros

**Fuente:** Autor



Procedemos a pesar los filtros ya con los sólidos separados como se muestra en la figura 4.10.



**Figura 4-10 Filtros con los sólidos separados**

**Fuente: Autor**

#### **4.1.3.3 Análisis de muestras**

De acuerdo a los resultados enviados por el laboratorio de control y análisis de alimentos “LACONAL” de la Facultad de Ingeniería y Ciencias en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato que se encuentran en el anexo 18, se muestra la siguiente tabla de resultados, (Tabla 4.10) en porcentaje de sólidos retenidos en un litro de agua contaminada luego del proceso de pintura en la cámara de acabados con cortina de agua.

**Tabla 4.10 Resultados obtenidos por LACONAL**

<b>Muestra 1 (0.5m)</b>	<b>Muestra 2 (0.75m)</b>	<b>Muestra 3 (1m)</b>
0,134 %	0,133 %	0,126 %

**Fuente: Autor**

#### **a) Muestra 1**

A la distancia de operación de 0.5 metros los sólidos recogidos por el sistema son del 0.134% de la muestra revisada por el laboratorio de un litro de agua contaminada, determinamos la cantidad de fluido y de sólidos de la muestra.

En condiciones ideales podemos decir que al dispersar un litro de pintura en el volumen del sistema y el mismo recogiera toda la pintura aplicada la eficiencia del sistema sería del 100%, por lo que podemos relacionar la cantidad de pintura con el

volumen del sistema, sabiendo de antemano que la densidad de la pintura varía de  $0.8 \frac{Kg}{L}$  a  $1.3 \frac{Kg}{L}$ , tomamos el valor más alto de densidad, por lo tanto podemos decir que la masa de un litro de pintura es de 1.3 Kg y lo expresamos de la siguiente manera:

$$1L_{pintura} = 1300 \text{ gr}$$

El volumen del tanque de succión es:

$$V = 0.893m^3 = 893 \text{ L}$$

Si la eficiencia sería del 100% al trabajar con un litro de pintura y el sistema absorbiera todo el litro, podemos establecer que la relación ideal para el sistema es:

$$\frac{1300 \text{ gr pintura}}{893l} = 1.46 \frac{\text{gr}}{L}$$

Es decir el sistema de la cámara de lacados con cortina de agua debe contener 1.46 gramos por cada litro.

Con los datos obtenidos, procedemos a obtener los gramos por el litro de la muestra 1, de la siguiente manera:

$$100 \% \rightarrow 1 \text{ L de pintura}$$

$$0.134 \% \rightarrow X = 1.34 e^{-3} \text{ gr/L}$$

Por lo tanto la muestra uno junto con el fluido (1 L) es:

$$muestra_1 = 1,00134 \frac{\text{gr}}{L}$$

Entonces mediante una regla de tres podemos obtener la eficiencia comparando la condición ideal con la real:

$$1.46 \frac{\text{gr}}{L} \rightarrow 100\%$$

$$1.00134 \frac{\text{gr}}{L} \rightarrow X = 68.59\%$$

**Nota.** El tanque de descarga siempre se va a encontrar en su capacidad máxima debido a que este tanque debe estar lleno para que se forme la cortina de agua, el volumen del tanque de descarga no es indispensable para los cálculos de la eficiencia debida a que el agua va a ser filtrada durante el proceso de succión.

**b) Muestra 2**

A la distancia de operación de 0.75 metros los sólidos recogidos por el sistema son del 0.133% de la muestra realizada por el laboratorio en un litro de agua, de la misma forma determinamos la cantidad de fluido y de sólidos de la muestra, por lo mencionado anteriormente y con los datos obtenidos, procedemos a obtener los gr/L total de muestra 2 de la siguiente manera:

$$100 \% \rightarrow 1 \text{ L de pintura}$$

$$0.133 \% \rightarrow X = 1.33e^{-3} \text{ gr/L}$$

Por lo tanto la muestra dos junto con el fluido (1 L) es:

$$muestra_2 = 1,00133 \frac{\text{gr}}{\text{l}}$$

Entonces mediante una regla de tres podemos obtener la eficiencia comparando la condición ideal con la real así:

$$1.46 \frac{\text{gr}}{\text{L}} \rightarrow 100\%$$

$$1.00133 \frac{\text{gr}}{\text{L}} \rightarrow X = 68.58\%$$

**c) Muestra 3**

A la distancia de operación de 1,0 metros, los sólidos recogidos por el sistema son el 0.126% de la muestra revisada por el laboratorio de un litro de agua, y procedemos como en las muestras anteriores:

$$100\% \rightarrow 1 \text{ L de pintura}$$

$$0.126\% \rightarrow X = 1.26e^{-3} \text{ gr/L}$$

Por lo tanto la muestra tres junto con el fluido (1 L) es:

$$muestra_1 = 1,00126 \frac{gr}{L}$$

Entonces mediante una regla de tres podemos obtener la eficiencia comparando la condición ideal con la real así:

$$1.49 \frac{gr}{L} \rightarrow 100\%$$

$$1.00126 \frac{gr}{L} \rightarrow X = 67.19\%$$

#### **4.1.3.4 Conclusiones**

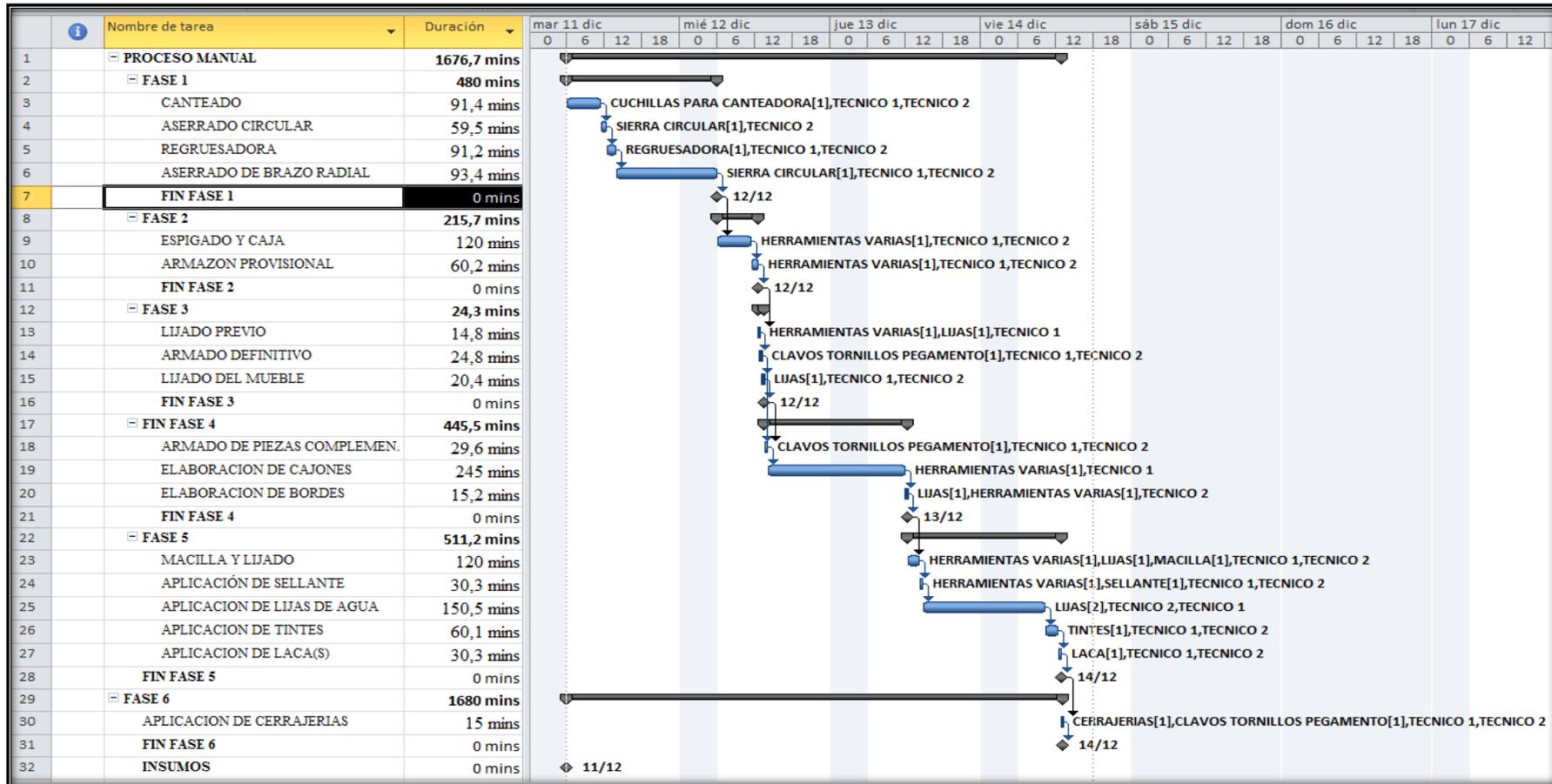
La eficiencia no varía considerablemente dependiendo de la distancia en vista que las condiciones de las pruebas fueron realizadas en un contexto adiabático, por el contrario si las pruebas se realizarían en un ambiente abierto, el valor de la eficiencia sería inversamente proporcional a la distancia entre la superficie de la cortina de agua y la distancia de operario, es decir, a menor distancia mayor eficiencia, para lo cual, se sugiere una distancia de 0.5 metros con una eficiencia de la cámara de cortina de agua del 68,59%. En los valores obtenidos de la eficiencia se descartó la eficiencia y trabajo de los filtros de succión del sistema, por tener costos de instalación elevados.

#### **4.1.4 Análisis de procesos en los sistemas de acabados para muebles de madera**

Podemos analizar de una manera más detallada los procesos involucrados en la construcción de un mueble de madera, e involucrar la mayoría de procesos que se tiene para la construcción del mismo, por lo tanto podemos realizar un diagrama de GANTT, por medio de un software especializado en este tipo de estudios, primero del proceso en forma manual y posteriormente del proceso estándar teórico, tanto del tiempo de producción como del precio del mueble y observar que varían de forma positiva para la producción del constructor.

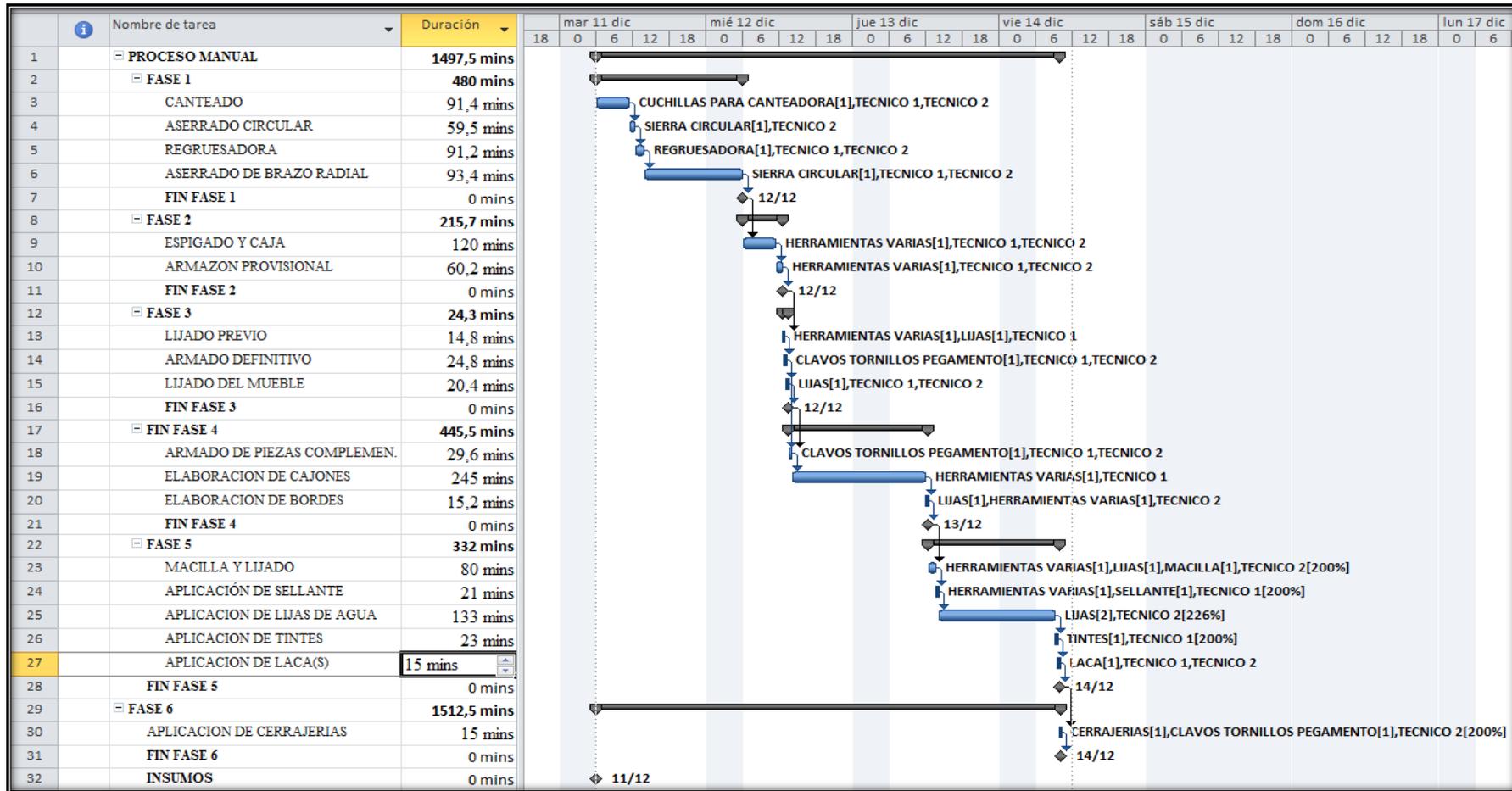
Como se muestra en la Tabla 4.11 (proceso manual), y la Tabla 4.12 (proceso estándar), en relación a los tiempos y las Tabla 4.13 (proceso manual) y la Tabla 4.14 (proceso estándar) en relación a costos de producción.

Tabla 4.11 Toma de tiempos del proceso manual de la construcción de un armario en L



Fuente: Autor

Tabla 4.12 Toma de tiempos del proceso estándar de la construcción de un armario en L



Fuente: Autor

Tabla 4.13 Costo del proceso manual de la construcción de un armario en L

Nombre de tarea	Costo total	1 dic			mie 12 dic			jue 13 dic			vie 14 dic			sáb 15 dic			dom 16 dic			lun 17 dic		
		6	12	18	0	6	12	18	0	6	12	18	0	6	12	18	0	6	12	18	0	6
1 PROCESO MANUAL	\$ 307,58	[Gantt bar spanning from 1 dic 6 to 14 dic 18]																				
2 FASE 1	\$ 54,96	[Gantt bar spanning from 1 dic 6 to 12 dic 18]																				
3 CANTEADO	\$ 16,23	[Gantt bar spanning from 1 dic 6 to 12 dic 18]																				
4 ASERRADO CIRCULAR	\$ 5,96	[Gantt bar spanning from 1 dic 6 to 12 dic 18]																				
5 REGRUESADORA	\$ 16,20	[Gantt bar spanning from 1 dic 6 to 12 dic 18]																				
6 ASERRADO DE BRAZO RADIAL	\$ 16,57	[Gantt bar spanning from 1 dic 6 to 12 dic 18]																				
7 FIN FASE 1	\$ 0,00	[Gantt bar spanning from 12 dic 18 to 12 dic 18]																				
8 FASE 2	\$ 32,03	[Gantt bar spanning from 12 dic 18 to 13 dic 6]																				
9 ESPIGADO Y CAJA	\$ 21,00	[Gantt bar spanning from 12 dic 18 to 13 dic 6]																				
10 ARMAZON PROVISIONAL	\$ 11,03	[Gantt bar spanning from 12 dic 18 to 13 dic 6]																				
11 FIN FASE 2	\$ 0,00	[Gantt bar spanning from 13 dic 6 to 13 dic 6]																				
12 FASE 3	\$ 29,77	[Gantt bar spanning from 13 dic 6 to 13 dic 12]																				
13 LIJADO PREVIO	\$ 7,23	[Gantt bar spanning from 13 dic 6 to 13 dic 12]																				
14 ARMADO DEFINITIVO	\$ 14,13	[Gantt bar spanning from 13 dic 6 to 13 dic 12]																				
15 LIJADO DEL MUEBLE	\$ 8,40	[Gantt bar spanning from 13 dic 6 to 13 dic 12]																				
16 FIN FASE 3	\$ 0,00	[Gantt bar spanning from 13 dic 12 to 13 dic 12]																				
17 FIN FASE 4	\$ 43,62	[Gantt bar spanning from 13 dic 12 to 14 dic 6]																				
18 ARMADO DE PIEZAS COMPLEMEN.	\$ 14,93	[Gantt bar spanning from 13 dic 12 to 14 dic 6]																				
19 ELABORACION DE CAJONES	\$ 21,42	[Gantt bar spanning from 13 dic 12 to 14 dic 6]																				
20 ELABORACION DE BORDES	\$ 7,27	[Gantt bar spanning from 13 dic 12 to 14 dic 6]																				
21 FIN FASE 4	\$ 0,00	[Gantt bar spanning from 14 dic 6 to 14 dic 6]																				
22 FASE 5	\$ 117,20	[Gantt bar spanning from 14 dic 6 to 14 dic 12]																				
23 MACILLA Y LIJADO	\$ 31,00	[Gantt bar spanning from 14 dic 6 to 14 dic 12]																				
24 APLICACIÓN DE SELLANTE	\$ 11,05	[Gantt bar spanning from 14 dic 6 to 14 dic 12]																				
25 APLICACION DE LIJAS DE AGUA	\$ 30,08	[Gantt bar spanning from 14 dic 6 to 14 dic 12]																				
26 APLICACION DE TINTES	\$ 25,02	[Gantt bar spanning from 14 dic 6 to 14 dic 12]																				
27 APLICACION DE LACA(S)	\$ 20,05	[Gantt bar spanning from 14 dic 6 to 14 dic 12]																				
28 FIN FASE 5	\$ 0,00	[Gantt bar spanning from 14 dic 12 to 14 dic 12]																				
29 FASE 6	\$ 132,50	[Gantt bar spanning from 14 dic 12 to 17 dic 6]																				
30 APLICACION DE CERRAJERIAS	\$ 32,50	[Gantt bar spanning from 14 dic 12 to 17 dic 6]																				
31 FIN FASE 6	\$ 0,00	[Gantt bar spanning from 17 dic 6 to 17 dic 6]																				
32 INSUMOS	\$ 100,00	[Gantt bar spanning from 11 dic 18 to 11 dic 18]																				

Fuente: Autor

Tabla 4.14 Costo del proceso estándar de la construcción de un armario en L

Nombre de tarea	Costo total	mar 11 dic		mié 12 dic		jue 13 dic		vie 14 dic		sáb 15 dic		dom 16 dic		lun 17 dic	
		18	0	6	12	18	0	6	12	18	0	6	12	18	0
1	PROCESO MANUAL	\$ 290,63													
2	FASE 1	\$ 54,96													
3	CANTEADO	\$ 16,23													
4	ASERRADO CIRCULAR	\$ 5,96													
5	REGRUESADORA	\$ 16,20													
6	ASERRADO DE BRAZO RADIAL	\$ 16,57													
7	FIN FASE 1	\$ 0,00													
8	FASE 2	\$ 32,03													
9	ESPIGADO Y CAJA	\$ 21,00													
10	ARMAZON PROVISIONAL	\$ 11,03													
11	FIN FASE 2	\$ 0,00													
12	FASE 3	\$ 29,77													
13	LIJADO PREVIO	\$ 7,23													
14	ARMADO DEFINITIVO	\$ 14,13													
15	LIJADO DEL MUEBLE	\$ 8,40													
16	FIN FASE 3	\$ 0,00													
17	FIN FASE 4	\$ 43,62													
18	ARMADO DE PIEZAS COMPLEMEN.	\$ 14,93													
19	ELABORACION DE CAJONES	\$ 21,42													
20	ELABORACION DE BORDES	\$ 7,27													
21	FIN FASE 4	\$ 0,00													
22	FASE 5	\$ 100,25													
23	MACILLA Y LIJADO	\$ 24,33													
24	APLICACIÓN DE SELLANTE	\$ 9,50													
25	APLICACION DE LIJAS DE AGUA	\$ 30,08													
26	APLICACION DE TINTES	\$ 18,83													
27	APLICACION DE LACA(S)	\$ 17,50													
28	FIN FASE 5	\$ 0,00													
29	FASE 6	\$ 132,50													
30	APLICACION DE CERRAJERIAS	\$ 32,50													
31	FIN FASE 6	\$ 0,00													
32	INSUMOS	\$ 100,00													

Fuente: Autor

## **4.2 Interpretación de datos**

De las tablas 4.11, 4.12, en relación al tiempo se puede concluir que el mismo disminuyó en el área de acabados, y por lo tanto, influyó de forma directa en el tiempo total en un  $10.867\% \approx 11\%$ , si tomamos en cuenta que el Instituto “Juan XXIII” labora con los estudiantes solo 6 horas clase diarias, el ahorro de este porcentaje de tiempo es necesario para una mayor comprensión estudiante – profesor, al tener más tiempo para inquietudes y sugerencias en el campo estudiantil.

De igual manera, en las tablas 4.13, 4.14 de costo del mueble podemos fijarnos que el precio disminuyó en un  $5.512\% \approx 6\%$ , que al parecer sería un ahorro mínimo en vista de la inversión, pero si hacemos relación a que se analizó un solo mueble y que la capacidad de producción de la Institución depende del número de estudiantes, los cuales superan los 50 alumnos, el ahorro multiplicado por este número de estudiantes es cercano a los \$ 900, razón por la cual el proyecto es muy viable, además de contar con un nuevo sistema de acabados el cual brindará mayor calidad y un ambiente sano dentro de las instalaciones de la Institución.

Así de esta manera podemos decir que por medio de la implementación de la cámara de acabados con base de una cortina de agua, el ambiente en el que se realiza el trabajo es más limpio como se demostró en el ítem 4.1.2, dando a los estudiantes más capacidad de permanecer en el taller de trabajo, y por la misma razón las partículas antes suspendidas en el ambiente ya no se adherirán a los muebles haciendo que estos posean una mejor calidad.

## **4.3 Verificación de la hipótesis**

### **HIPÓTESIS:**

Evaluar de forma correcta los sistemas de acabados para muebles de madera nos permitirá conocer el efecto que tienen en la producción del área de carpintería que realiza el Instituto JUAN XXIII, en la ciudad del Tena - Napo.

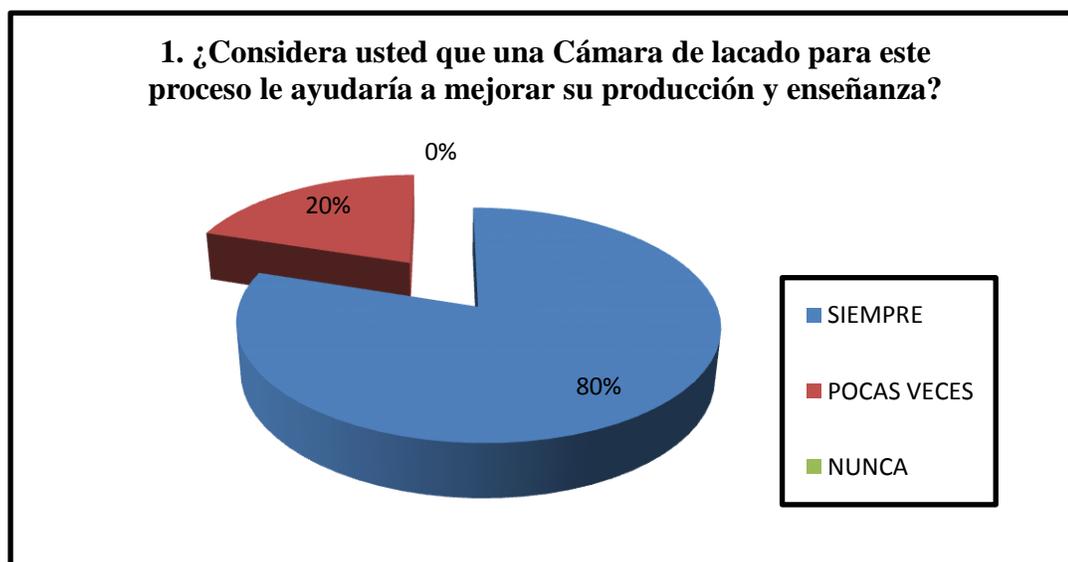
Por medio de las encuestas realizadas podemos darnos cuenta la necesidad del diseño y la implementación de una cámara de lacados para mejorar el ambiente de trabajo y por lo tanto la calidad y producción dentro de la industria maderera. Tal como lo indican las tablas de tabulación de las encuestas tanto a docentes como a estudiantes junto con sus respectivos gráficos que se detallan a continuación:

1. ¿Considera usted que una cámara de lacado para este proceso le ayudaría a mejorar su producción y enseñanza?

**Tabla 4.15 Tabulación pregunta 1 – Encuesta a docentes**

<b>Tabulación Pregunta 1 - Encuesta docentes</b>			
¿Considera usted que una cámara de lacado para este proceso le ayudaría a mejorar su producción y enseñanza?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	4	0,8	80
POCAS VECES	1	0,2	20
NUNCA	0	0	0
Total	5	1	100

**Fuente: Autor**



**Figura 4-11: Pregunta 1 - Encuesta docentes**

**Fuente: Autor**

## Análisis e interpretación

El 80 % de los docentes encuestados concluyen que la cámara de lacado mejoró la producción y su enseñanza dentro del Instituto JUAN XXIII según lo muestra, tanto la figura 4.15 y la tabla 4.11

Es evidente que con los datos obtenidos la mayoría de los encuestados mejoró su proceso de acabado, la producción y su enseñanza, se puede agregar que si elevamos la calidad del proceso también se elevará la enseñanza de una manera significativa.

### 2. ¿El medio ambiente en que se desarrolla el acabado de los muebles es seguro tanto para usted como para los estudiantes?

Tabla 4.16 Tabulación pregunta 2- Encuesta a docentes

Tabulación Pregunta 2 - Encuesta Docentes			
¿El medio ambiente en que se desarrolla el acabado de los muebles es seguro tanto para usted como para los estudiantes?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	0	0	0
POCAS VECES	3	0,6	60
NUNCA	2	0,4	40
Total	5	1	100

(Fuente, El Autor)



Figura 4-12: Pregunta 2 - Encuesta docentes

Fuente: Autor

### Análisis e interpretación

El 60 % de los docentes encuestados concluyeron que el ambiente en el que trabajaban pocas veces gozaba de seguridad. Por ello podemos decir, que con base a los datos obtenidos se limpió el aire del ambiente haciendo que la producción en este campo subirá conforme las condiciones mejoren así como lo demuestran la tabla 4.16 y la figura 4.12.

### 3. Dentro del Área de lacados, un ambiente cerrado. ¿Tendría un impacto negativo?

Tabla 4.17 Tabulación pregunta 3 – Encuesta a docentes

Tabulación Pregunta 3 - Encuesta Docentes			
Dentro del Área de lacados, en un ambiente cerrado. ¿Tendría un impacto negativo?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	4	0,8	80
POCAS VECES	1	0,2	20
NUNCA	0	0	0
Total	5	1	100

Fuente: Autor

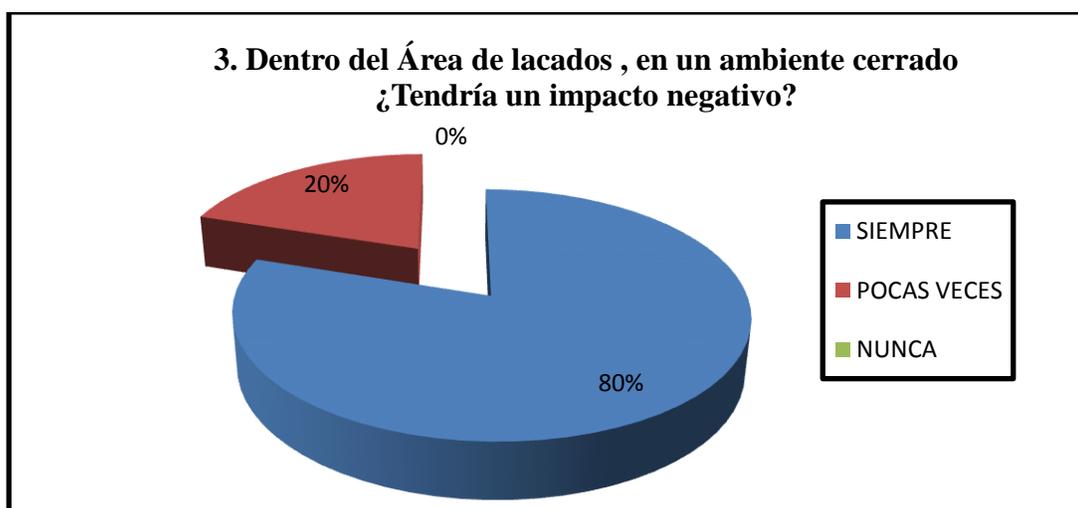


Figura 4-13: Pregunta 3 - Encuesta docentes

Fuente: Autor

### Análisis e interpretación

El 80 % de los docentes encuestados notaron que el utilizar un área cerrada perjudicaría la salud de los estudiantes.

Por ello podemos decir, que con base a los datos obtenidos en el que la tabla 4.17 y la figura 4.13, se debería buscar más métodos por los cuales podamos mejorar cada proceso en el que están involucrados los talleres de muebles en el país.

#### 4. ¿Influye de alguna manera el tamaño de los muebles de madera a la hora del acabado?

Tabla 4.18 Pregunta 4 - Encuesta Docentes

Tabulación Pregunta 4 - Encuesta Docentes			
¿Influye de alguna manera el tamaño de los muebles de madera a la hora del acabado?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	4	0,8	80
POCAS VECES	1	0,2	20
NUNCA	0	0	0
Total	5	1	100

Fuente: Autor

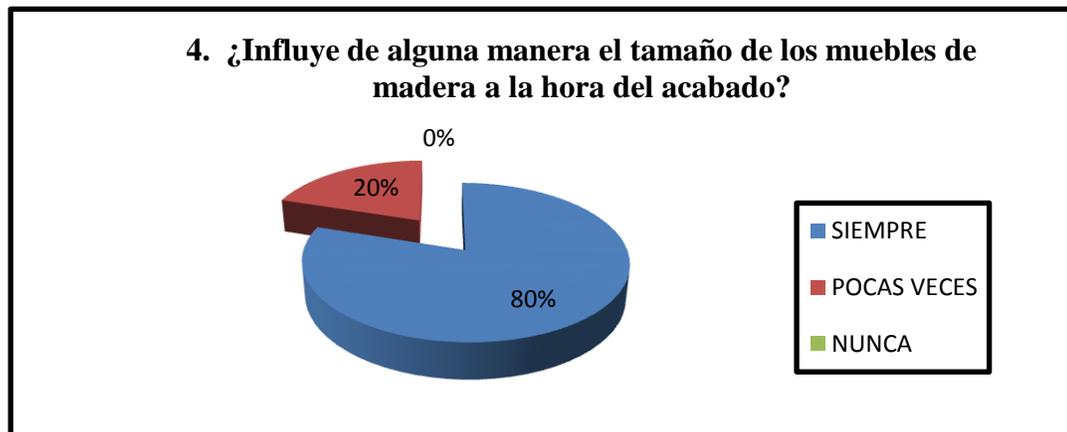


Figura 4-14 Pregunta 4 - Encuesta docentes

Fuente: Autor

## Análisis e interpretación

El 80 % de los docentes encuestados nos proporcionan un razonamiento lógico el cual dice que el tamaño de los muebles influye directamente en la calidad y producción de los muebles.

En base a esto se puede mencionar que es necesario una cámara de un tamaño en la cual por lo menos se pueda trabajar con facilidad, así podremos trabajar muchos tipos de muebles, así lo demuestra la tabla 4.18 y la figura 4.14.

### 5. ¿Cree que la temperatura del medio ambiente influye a la hora del acabado?

Tabla 4.19 Tabulación pregunta 5 – Encuesta a docentes

Tabulación Pregunta 5 - Encuesta Docentes			
¿Cree que la temperatura del medio ambiente influye a la hora del acabado?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	3	0,6	60
POCAS VECES	1	0,2	20
NUNCA	1	0,2	20
Total	5	1	100

Fuente: Autor

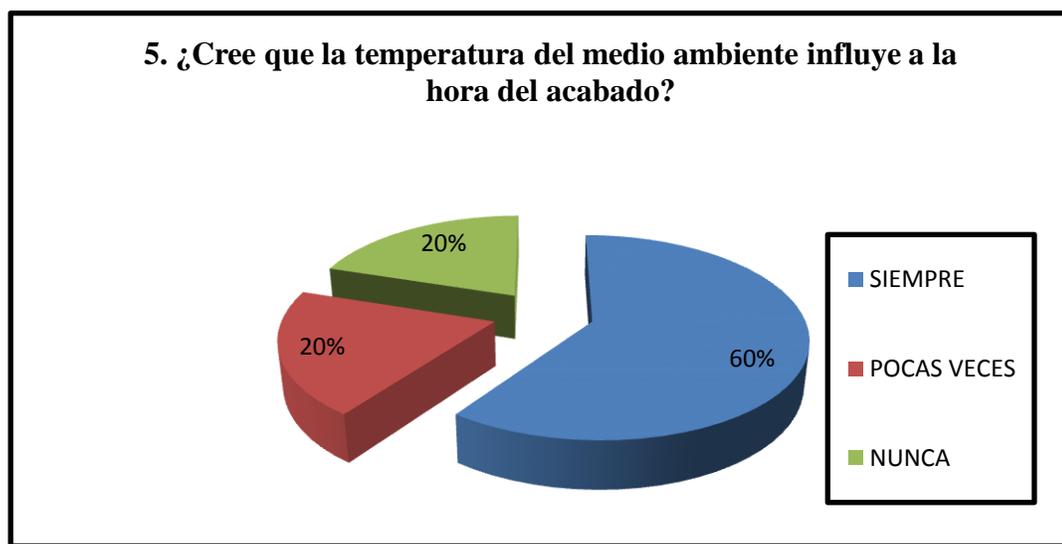


Figura 4-15: Pregunta 5 - Encuesta docentes

Fuente: Autor

### Análisis e interpretación

El 60% de los encuestados están de acuerdo en que la temperatura del medio ambiente es un factor externo muy importante a la hora del proceso de lacado, como lo demuestra la tabla 4.19 y la figura 4.15, en base a esto podemos mencionar que la cámara para el proceso de acabado es necesaria, debido a que la misma permitirá minimizar el tiempo de secado independientemente de la temperatura del ambiente.

### 6. ¿Influye sobre su producción los inconvenientes que se encuentren a la hora del acabado?

Tabla 4.20 Tabulación pregunta 6 – Encuesta a docentes

Tabulación Pregunta 6 - Encuesta Docentes			
¿Influye sobre su producción los inconvenientes que se encuentren a la hora del acabado?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	0	0	0
POCAS VECES	3	0,6	60
NUNCA	2	0,4	40
Total	5	1	100

Fuente: Autor



Figura 4-16: Pregunta 6 - Encuesta docentes

Fuente: Autor

### Análisis e interpretación

El 60% de los docentes expresa que de una u otra manera se encuentran inconvenientes a la hora de llevar a cabo el proceso de acabados, como lo demuestra la tabla 4.20 y la figura 4.16.

El tener un proceso estandarizado nos ayudará a tener mayor control en todos los procesos para evitar la mayoría de inconvenientes que resten tiempo de productividad.

### 7. ¿Influye de alguna manera el tipo de los muebles de madera a la hora del acabado?

Tabla 4.21 Tabulación pregunta 7 – Encuesta a docentes

Tabulación Pregunta 7 - Encuesta Docentes			
¿Influye de alguna manera el tipo de los muebles de madera a la hora del acabado?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	0	0	0
POCAS VECES	3	0,6	60
NUNCA	2	0,4	40
Total	5	1	100

(Fuente, El Autor)

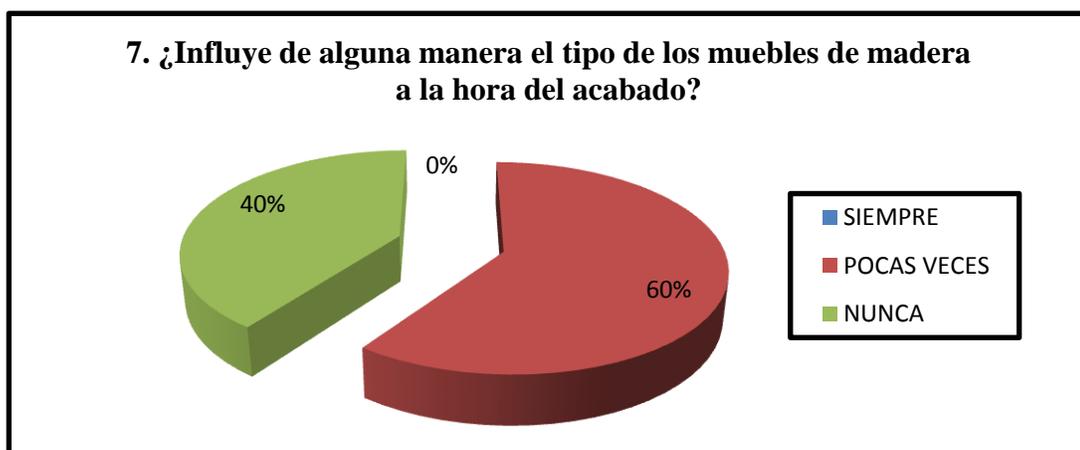


Figura 4-17: Pregunta 7 - Encuesta docentes

Fuente: Autor

### Análisis e interpretación

La opinión es casi compartida debido a que solo el 60% expresa que tendría algún tipo de influencia las características que posea cada mueble como lo analiza la tabla 4.21 y la figura 4.17

Esto se debe a que cada docente tiene sus propias habilidades en mayor o menor grado.

### 8. ¿Los recursos que posee la Institución son los sufrientes a la hora del proceso de acabado?

Tabla 4.22 Tabulación pregunta 8 – Encuesta a docentes

Tabulación Pregunta 8 - Encuesta Docentes			
¿Los recursos que posee la Institución son los sufrientes a la hora del proceso de acabado?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	0	0	0
POCAS VECES	3	0,6	60
NUNCA	2	0,4	40
Total	5	1	100

Fuente: Autor

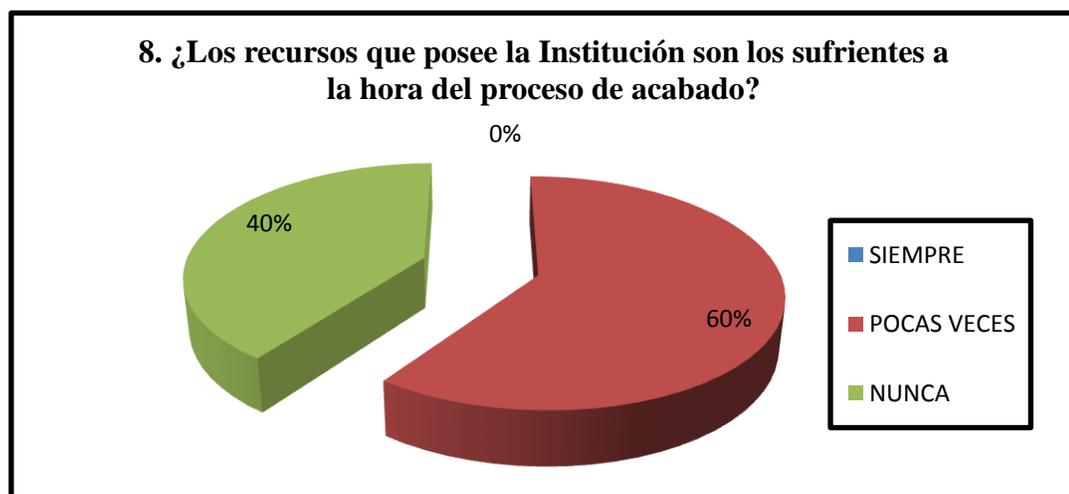


Figura 4-18 : Pregunta 8 - Encuesta docentes

Fuente: Autor

### Análisis e interpretación

El 60% de los docentes están de acuerdo que hace falta la implementación de tecnología, pero que los recursos institucionales lastimosamente no son los suficientes como está expuesto en la tabla 4.22 y la figura 4.18.

### 9. ¿La calidad en la madera es determinante a la hora del acabado?

Tabla 4.23 Tabulación pregunta 9 – Encuesta a docentes

Tabulación Pregunta 9 - Encuesta Docentes			
¿La calidad en la madera es determinante a la hora del acabado?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	4	0,8	80
POCAS VECES	1	0,2	20
NUNCA	0	0	0
Total	5	1	100

Fuente: Autor

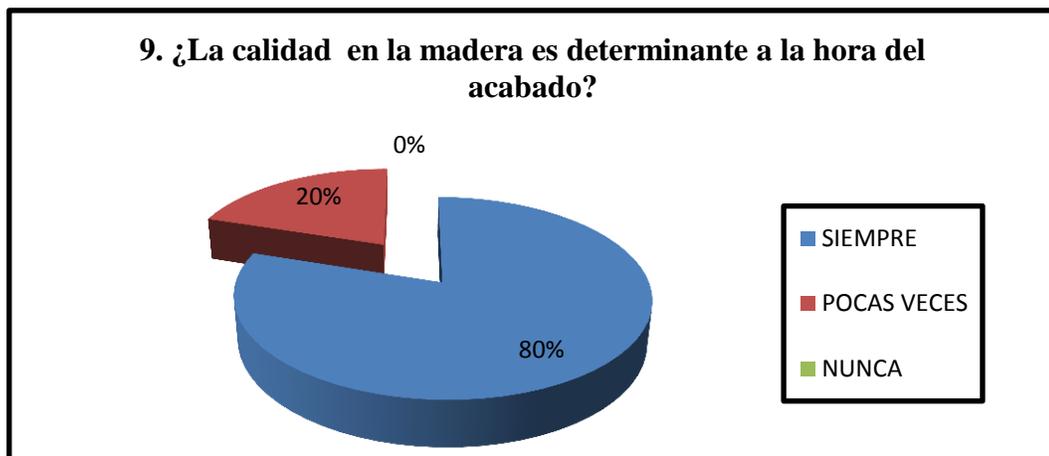


Figura 4-19: Pregunta 9 - Encuesta docentes

(Fuente, El Autor)

## Análisis e interpretación

El 80% de los encuestados manifiesta que la calidad de la madera influye dentro de la confección del mueble, como está expuesto en la tabla 4.23 y la figura 4.19. Una razón lógica para que se esté en desacuerdo en este punto es que gracias a los químicos que se posee en la actualidad se puede dar tratamientos a la madera sin importar si la misma es o no de buena calidad.

### 10. ¿El tipo de trabajo realizado en la madera es determinante a la hora del acabado?

Tabla 4.24 Tabulación pregunta 10 – Encuesta a docentes

Tabulación Pregunta 10 - Encuesta Docentes			
¿El tipo de trabajo en la madera es determinante a la hora del acabado?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	4	0,8	80
POCAS VECES	1	0,2	20
NUNCA	0	0	0
Total	5	1	100

Fuente: Autor

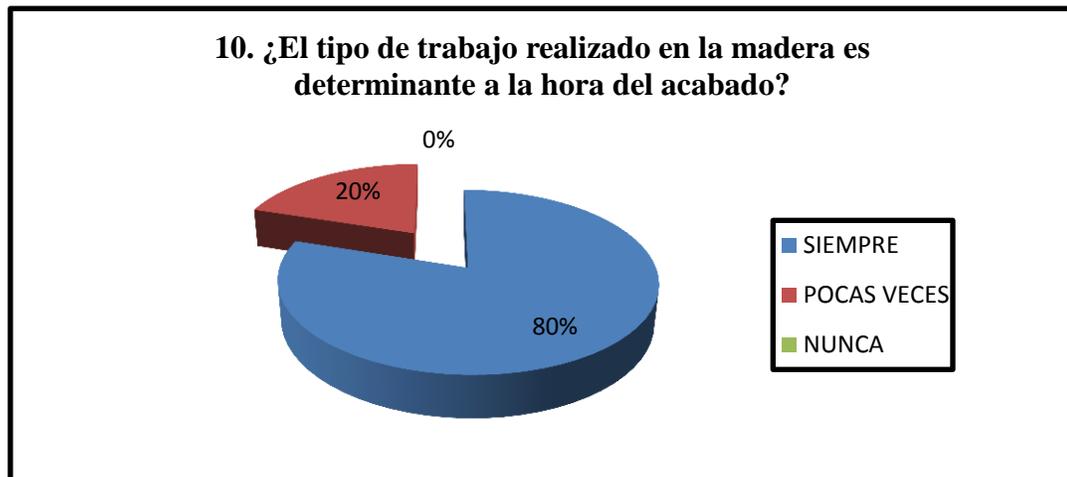


Figura 4-20 Pregunta 10 - Encuesta docentes

Fuente: Autor

## **Análisis e interpretación**

El 80% de los encuestados manifiestan que el proceso que se le da, a los muebles antes de llegar al proceso final influye dentro de la confección del mueble, expuesto en la tabla 4.24 y la figura 4.20.

Es importante tener un proceso lo más limpio posible en todo el trabajo realizado anteriormente, debido a que de esta manera podemos llegar a este proceso final sin contratiempos y realizar el proceso de acabados con tranquilidad.

### **4.3.1 Verificación**

El estudio realizado a los distintos sistemas de acabados para muebles de madera ha permitido comprobar que al momento de la construcción de un mueble, el tener un sistema adecuado para su fase final de acabado ahorra en promedio un 11% del tiempo total de producción tal como se lo expresa la comparación entre las tablas 4.11 y 4.12, y en vista que solo se realizó un prototipo el mismo que está instalado en el Instituto Juan XXIII de la ciudad del Tena, se puede proyectar, este sistema de acabados con cortina de agua e implementarlo a gran escala dentro de la industria maderera. Los réditos serían: ahorro de tiempo y por lo tanto satisfacción al consumidor final como al productor, así como también, en el campo económico tal como lo muestra la comparación de las tablas 4.13 y 4.14 en que el ahorro es el del 6% que para una empresa sin fines de lucro como lo es el Instituto Juan XXIII es un gran ahorro.

## **Planeamiento de las Hipótesis**

### **4.3.1.1 Hipótesis nula**

**Ho:** El estudio de un sistema para el proceso de acabado de los muebles de madera no afectará de forma positiva la producción del Instituto Tecnológico JUAN XXIII de la ciudad del Tena-Napo.

#### 4.3.1.2 Hipótesis Alternativa

**H<sub>1</sub>**: El estudio de un sistema para el proceso de acabado de los muelles de madera afectará de forma positiva la producción del Instituto Tecnológico JUAN XXIII de la ciudad del Tena-Napo.

#### 4.3.1.3 Modelo matemático

Se muestra dos modelos matemáticos de comparación entre la hipótesis nula y alternativa en las ecuaciones 4.3 y 4.4:

$$H_0: \mu = \mu_0 \quad \text{Ecuación 4.3}$$

$$H_1: \mu \neq \mu_0 \quad \text{Ecuación 4.4}$$

Dónde:

$\mu$  = el valor específico que se considera en la hipótesis Alternativa y nula.

#### 4.3.1.4 Modelo Estadístico

Para obtener en chi-cuadrado tenemos la ecuación 4.5:

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \quad \text{Ecuación 4.5}$$

Dónde:

$X^2 = Chi - Cuadrado$

$\Sigma =$  Sumatoria

$f_o =$  Frecuencia Observada = Obs.

$f_e =$  Frecuencia Esperada = Esp.

#### **4.3.1.5 Selección del nivel de investigación**

Para la verificación hipotética de la investigación se utilizó un nivel de confianza correspondiente al 5% es decir  $\alpha = 0.05$ , por ser el más confiable dentro de los parámetros estadísticos.

#### **4.3.1.6 Descripción de la población**

Se toma como población al total de personas dentro de la institución como la muestra, ya que es un número manejable estadísticamente, así tenemos: a 5 docentes y 42 alumnos los cuales son los que están involucrados directamente dentro del campo de los muebles de madera.

#### **4.3.1.7 Especificaciones de las zonas de rechazo y aceptación**

Se determina los grados de libertad para la matriz que poseemos la cual está compuesta de 10 filas y 3 columnas con la ecuación 4.6:

$$gl = (f - 1)(c - 1) \quad \text{Ecuación 4.6}$$

Dónde:

gl = grados de libertad = df en la curva de la figura 4.21

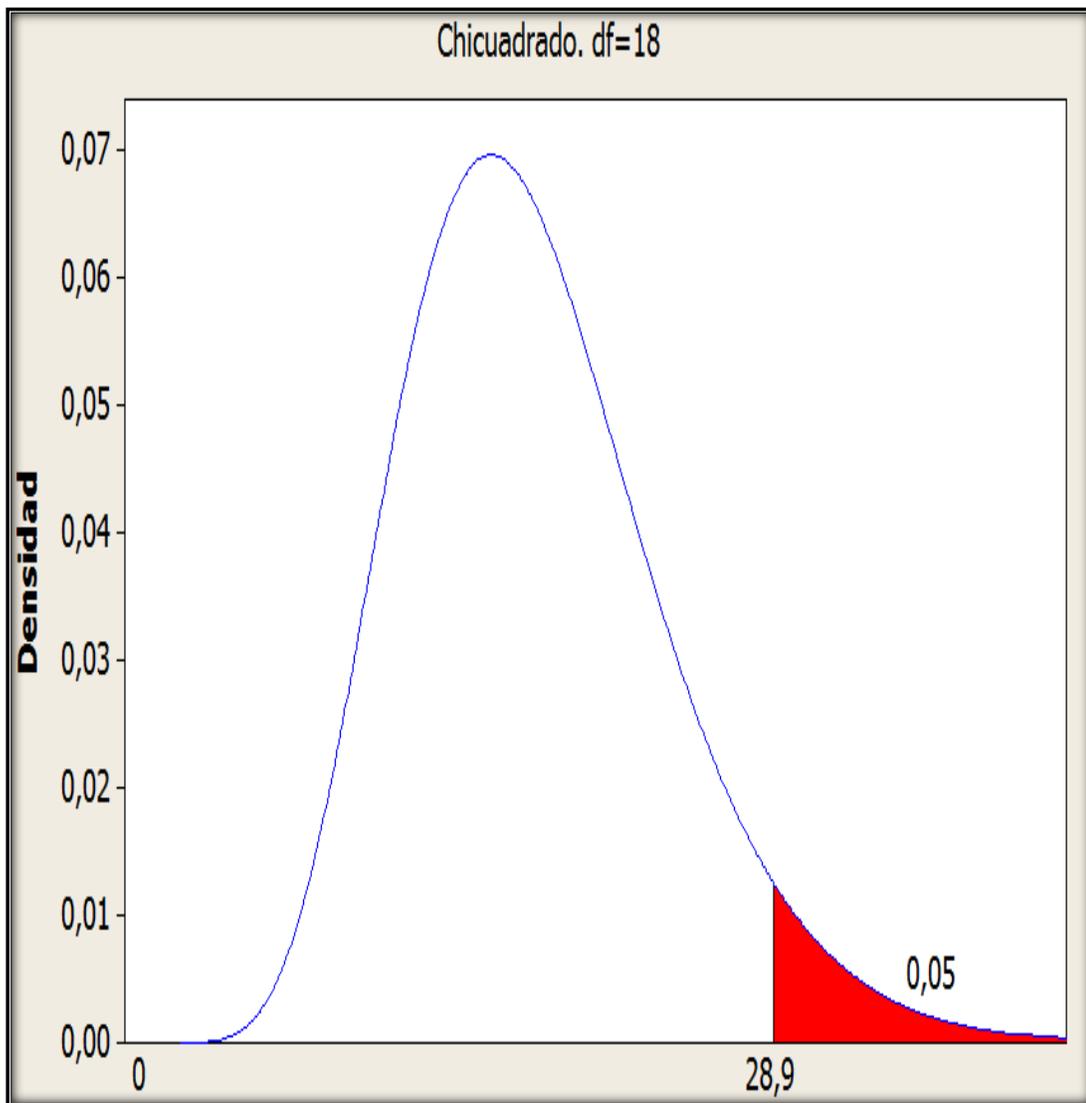
f = filas de la matriz

c = columnas de la matriz

Por lo tanto de la ecuación 4.6 los grados de libertad que tenemos son:

$$gl = (10 - 1)(3 - 1) = 18$$

Por lo tanto con 18 grados de libertad y un nivel de confianza correspondiente al 5%=0.05 del (Anexo 17) del chi-cuadrado tenemos que  $x^2_t = 28,8693$ , y su curva representativa es como lo muestra la figura 4.21.



**Figura 4-21: Chi-Cuadrado**

**Fuente: Autor**

La zona roja será la zona de rechazo y el área bajo la curva será la zona de aceptación, para una confianza del 95%.

#### **4.3.2 Análisis de los datos estadísticos para los docentes**

La tabla 4.25 muestra las Frecuencias observadas por docentes.

**Tabla 4.25 Frecuencias observadas por docentes**

<b>Frecuencias Observadas por Docentes</b>				
Preguntas	Categorías			Subtotal
	SIEMPRE	POCAS VECES	NUNCA	
1. ¿Considera usted que una Cámara de lacados para el proceso de lacados le ayudaría a mejorar su producción y enseñanza?	4	1	0	5
2. ¿El medio ambiente en que se desarrolla el acabado de los muebles es seguro tanto para usted como para los estudiantes?	0	3	2	5
3.- Dentro del Área de lacados un ambiente cerrado y seguro de trabajo ¿Tendría un impacto positivo?	4	1	0	5
4. ¿Influye de alguna manera el tamaño de los muebles de madera a la hora del acabado?	4	1	0	5
5. ¿Cree que la temperatura del medio ambiente influye a la hora del acabado?	3	1	1	5
6. ¿Influye sobre su producción los inconvenientes que se encuentren a la hora del acabado?	0	3	2	5
7. ¿Influye de alguna manera el tipo de los muebles de madera a la hora del acabado?	0	3	2	5
8. ¿Los recursos que posee la Institución son los sufrientes a la hora del proceso de acabado?	0	3	2	5
9. ¿La calidad en la madera es determinante a la hora del acabado?	4	1	0	5
10. ¿El tipo de trabajo realizado en la madera es determinante a la hora del acabado?	4	1	0	5
Subtotal	23	18	9	50

**Fuente: Autor**

Tabla 4.26 frecuencia esperada por los docentes

**Tabla 4.26 Frecuencias esperadas por docentes**

<b>Frecuencias Esperada por Docentes</b>				
Preguntas	Categorías			Subtotal
	SIEMPRE	POCAS VECES	NUNCA	
1. ¿Considera usted que una Cámara de lacados para el proceso de lacados le ayudaría a mejorar su producción y enseñanza?	2,3	1,8	0,9	5
2. ¿El medio ambiente en que se desarrolla el acabado de los muebles es seguro tanto para usted como para los estudiantes?	2,3	1,8	0,9	5
3.- Dentro del Área de lacados un ambiente cerrado y seguro de trabajo ¿Tendría un impacto positivo?	2,3	1,8	0,9	5
4. ¿Influye de alguna manera el tamaño de los muebles de madera a la hora del acabado?	2,3	1,8	0,9	5
5. ¿Cree que la temperatura del medio ambiente influye a la hora del acabado?	2,3	1,8	0,9	5
6. ¿Influye sobre su producción los inconvenientes que se encuentren a la hora del acabado?	2,3	1,8	0,9	5
7. ¿Influye de alguna manera el tipo de los muebles de madera a la hora del acabado?	2,3	1,8	0,9	5
8. ¿Los recursos que posee la Institución son los sufrientes a la hora del proceso de acabado?	2,3	1,8	0,9	5
9. ¿La calidad en la madera es determinante a la hora del acabado?	2,3	1,8	0,9	5
10. ¿El tipo de trabajo realizado en la madera es determinante a la hora del acabado?	2,3	1,8	0,9	5
Subtotal	23	18	9	50

**Fuente: Autor**

Cálculo del CHI-CUADRADO se muestra en la tabla 4.27.

**Tabla 4.27 Cálculo del Chi-Cuadrado**

<b>Cálculo CHI-CUADRADO Docentes</b>				
Obs.	Esp.	(Obs.-Esp.)	(Obs.-Esp.) <sup>2</sup>	((Obs.-Esp.) <sup>2</sup> )/Esp
4	2,3	1,7	2,89	1,3
1	1,8	-0,8	0,64	0,4
0	0,9	-0,9	0,81	0,9
0	2,3	-2,3	5,29	2,3
3	1,8	1,2	1,44	0,8
2	0,9	1,1	1,21	1,3
4	2,3	1,7	2,89	1,2
1	1,8	-0,8	0,64	0,3
0	0,9	-0,9	0,81	0,9
4	2,3	1,7	2,89	1,2
1	1,8	-0,8	0,64	0,3
0	0,9	-0,9	0,81	0,9
3	2,3	0,7	0,49	0,2
1	1,8	-0,8	0,64	0,35
1	0,9	0,1	0,01	0,01
0	2,3	-2,3	5,29	2,3
3	1,8	1,2	1,44	0,8
2	0,9	1,1	1,21	1,3
0	2,3	-2,3	5,29	2,3
3	1,8	1,2	1,44	0,8
2	0,9	1,1	1,21	1,3
4	2,3	1,7	2,89	1,2
1	1,8	-0,8	0,64	0,3
0	0,9	-0,9	0,81	0,9
4	2,3	1,7	2,89	1,2
1	1,8	-0,8	0,64	0,3
0	0,9	-0,9	0,81	0,9
50				30,9

**Fuente: Autor**

Decisión:

De la ecuación 4.6 sabemos que los grados de libertad que tenemos en esta investigación son 18, el nivel de confianza es de 0.05, y del (Anexo 17) que  $\chi^2_t = 28.8693$ , entonces se procede a la obtención del estadístico que es la sumatoria final de la tabla 4.27 que es  $\chi^2_c = 30.9178$ .

En el caso de los docentes por las regiones que se plantearon, se cumple que  $\chi^2_c > \chi^2_t$ , es decir se halla en la zona de rechazo, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ).

**1. ¿Consideras que una Cámara de lacados para el proceso de lacado te ayudaría a mejorar tu aprendizaje?**

**Tabla 4.28 Tabulación pregunta 1 – Encuesta a Estudiantes**

<b>Tabulación Pregunta 1 - Encuesta Estudiantes</b>			
¿Consideras que una Cámara de lacados para el proceso de lacado te ayudaría a mejorar tu aprendizaje?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	33	0,78571429	78,57
POCAS VECES	5	0,11904762	11,90
NUNCA	4	0,0952381	9,52
Total	42	1	100

Fuente: Autor



**Figura 4-22: Pregunta 1 - Encuesta estudiantes**

Fuente: Autor

## Análisis e interpretación

El 78.57 % de los estudiantes encuestados concluyeron que una cámara de lacados mejorará su enseñanza dentro del Instituto JUAN XXIII según lo muestra tanto la figura 4.22 y la tabla 4.28. Es evidente que con estos datos obtenidos la mayoría de los encuestados aplicaron mejor el proceso de acabado, mejorando su producción y enseñanza, se puede agregar que si elevamos la calidad de los demás procesos el aprendizaje será más eficiente y efectivo.

### 2. ¿El medio ambiente en que se desarrolla el proceso de acabado de los muebles te sientes seguro?

Tabla 4.29 Tabulación pregunta 2 – Encuesta a Estudiantes

Tabulación Pregunta 2 - Encuesta Estudiantes			
¿El medio ambiente en que se desarrolla el proceso de acabado de los muebles te sientes seguro?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	15	0,35714286	35,71
POCAS VECES	24	0,57142857	57,14
NUNCA	3	0,07142857	7,14
Total	42	1	100

(Fuente, El Autor)

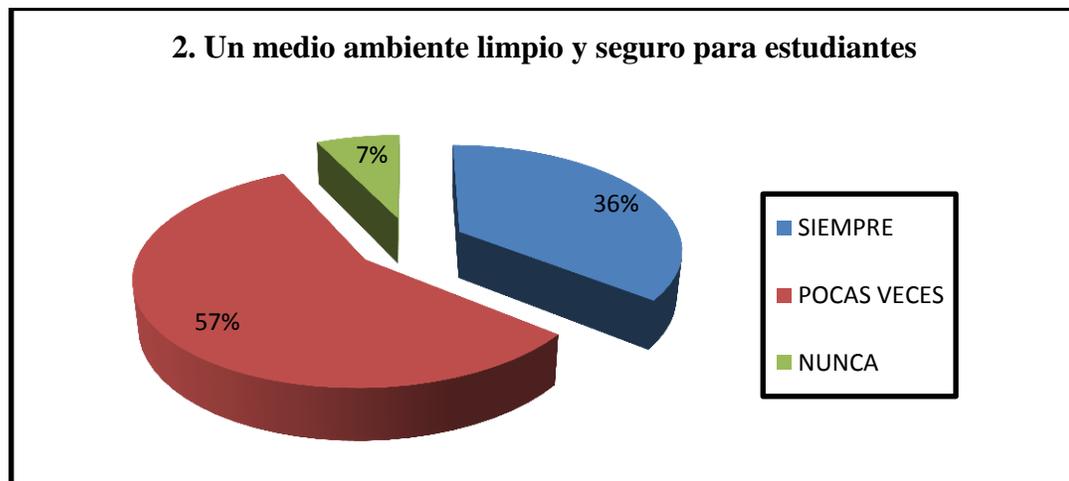


Figura 4-23: Pregunta 2 - Encuesta estudiantes

Fuente: Autor

### Análisis e interpretación

El 57.14 % de los estudiantes encuestados se dieron que el ambiente en el que trabajaban era pocas veces seguro, como lo demuestran la tabla 4.29 y la figura 4.23.

Por ello lo necesario tener un ambiente de trabajo en el cual se brinde confianza para efectuar el trabajo.

### 3. Dentro del Área de lacados crees que un ambiente cerrado y seguro de trabajo ¿Sería positivo?

Tabla 4.30 Tabulación pregunta 3 – Encuesta a Estudiantes

Tabulación Pregunta 3 - Encuesta Estudiantes			
Dentro del Área de lacados crees que un ambiente cerrado y seguro de trabajo ¿Sería positivo?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	5	0,11904762	11,9047619
POCAS VECES	4	0,0952381	9,52380952
NUNCA	33	0,78571429	78,5714286
Total	42	1	100

Fuente: Autor

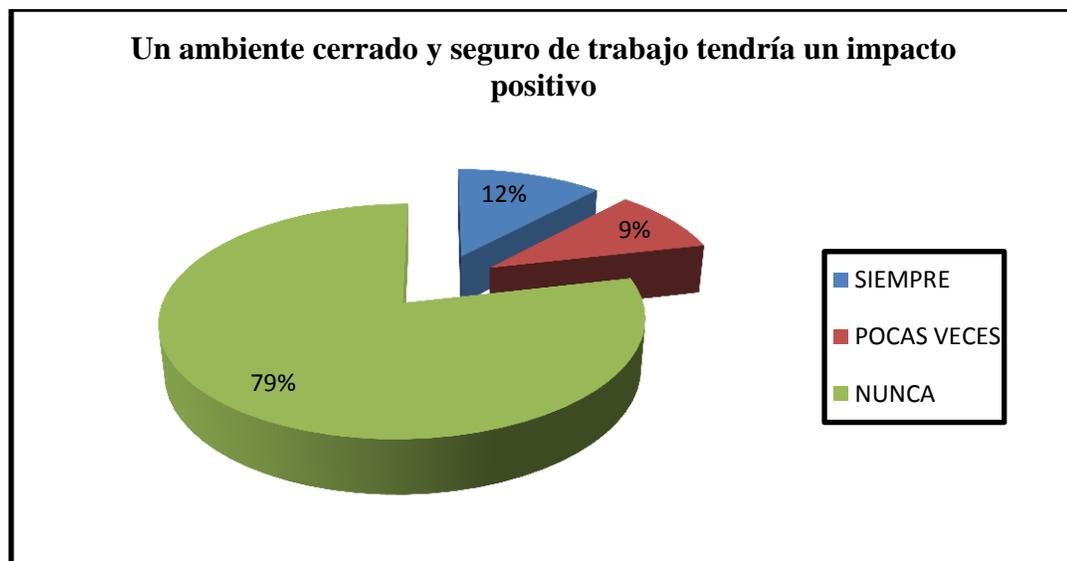


Figura 4-24 Pregunta 3 - Encuesta estudiantes

Fuente: Autor

### Análisis e interpretación

El 78.57 % de los estudiantes encuestados notaron que al trabajar en un ambiente cerrado no sería seguro en el taller y tampoco mejora la producción y su aprendizaje.

Por ello podemos decir, que con base a los datos obtenidos en el que tabla 4.30 y la figura 4.24, que se debería buscar más métodos por los cuales podamos mejorar cada proceso en el que están involucrados los talleres de muebles en el país.

#### 4. ¿Piensas que influye de alguna manera el tamaño de los muebles de madera a la hora del proceso de acabado?

Tabla 4.31 Tabulación pregunta 4 – Encuesta a Estudiantes

Tabulación Pregunta 4 - Encuesta Estudiantes			
¿Piensas que influye de alguna manera el tamaño de los muebles de madera a la hora del proceso de acabado?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	18	0,42857143	42,85
POCAS VECES	22	0,52380952	52,38
NUNCA	2	0,04761905	4,76
Total	42	1	100

Fuente: Autor

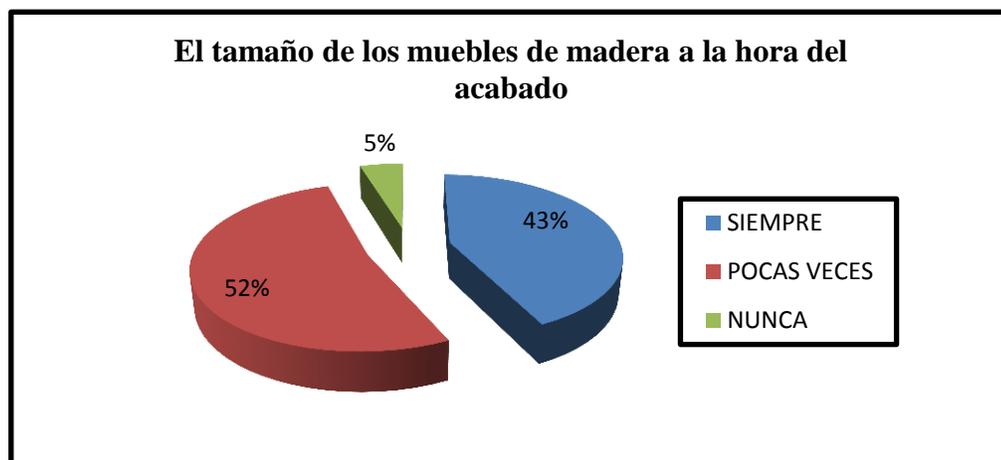


Figura 4-25: Pregunta 4 - Encuesta estudiantes

Fuente: Autor

### Análisis e interpretación

El 52.38 % de los estudiantes encuestados proporcionan un razonamiento lógico, el cual dice que el tamaño de los muebles influye directamente en la calidad y producción de los muebles, dependiendo de la habilidad que disponga cada uno de ellos.

En base a esto podemos mencionar que es necesario una cámara de un tamaño en la cual por lo menos se pueda trabajar con facilidad las dimensiones más comunes, por lo tanto se podrán trabajar muchos tipos de muebles, como lo demuestra la tabla 4.31 y la figura 4.25.

### 5. ¿Crees que la temperatura del medio ambiente influye a la hora del proceso de acabado?

Tabla 4.32 Tabulación pregunta 5 – Encuesta a Estudiantes

Tabulación Pregunta 5 - Encuesta Estudiantes			
¿Crees que la temperatura del medio ambiente influye a la hora del proceso de acabado?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	16	0,38095238	38,09
POCAS VECES	23	0,54761905	54,76
NUNCA	3	0,07142857	7,14
Total	42	1	100

Fuente: Autor

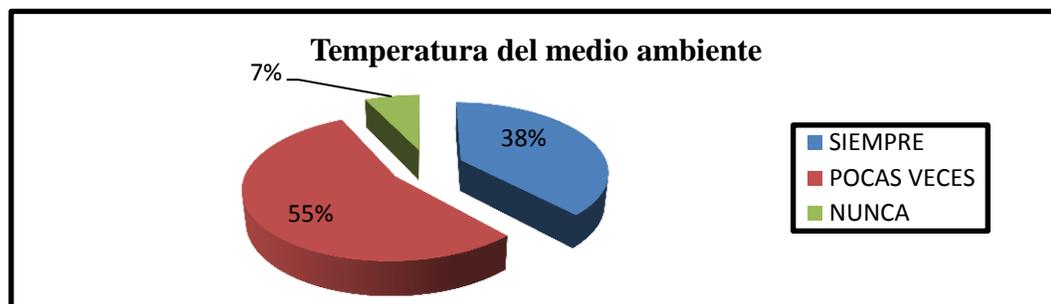


Figura 4-26: Pregunta 5 - Encuesta estudiantes

Fuente: Autor

### Análisis e interpretación

Por la inexperiencia que poseen los estudiantes en relación a esta pregunta para ellos la temperatura del ambiente no influye directamente, tanto así que un 53.12 % de los encuestados lo sostienen de esta manera.

### 6. ¿Piensas que influye sobre tu proceso de aprendizaje si se encuentran inconvenientes a la hora del proceso de acabado?

Tabla 4.33 Tabulación pregunta 6 – Encuesta a Estudiantes

Tabulación Pregunta 6 - Encuesta Estudiantes			
¿Piensas que influye sobre tu proceso de aprendizaje si se encuentran inconvenientes a la hora del proceso de acabado?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	22	0,52380952	52,38
POCAS VECES	15	0,35714286	35,71
NUNCA	5	0,11904762	11,90
Total	42	1	100

Fuente: Autor

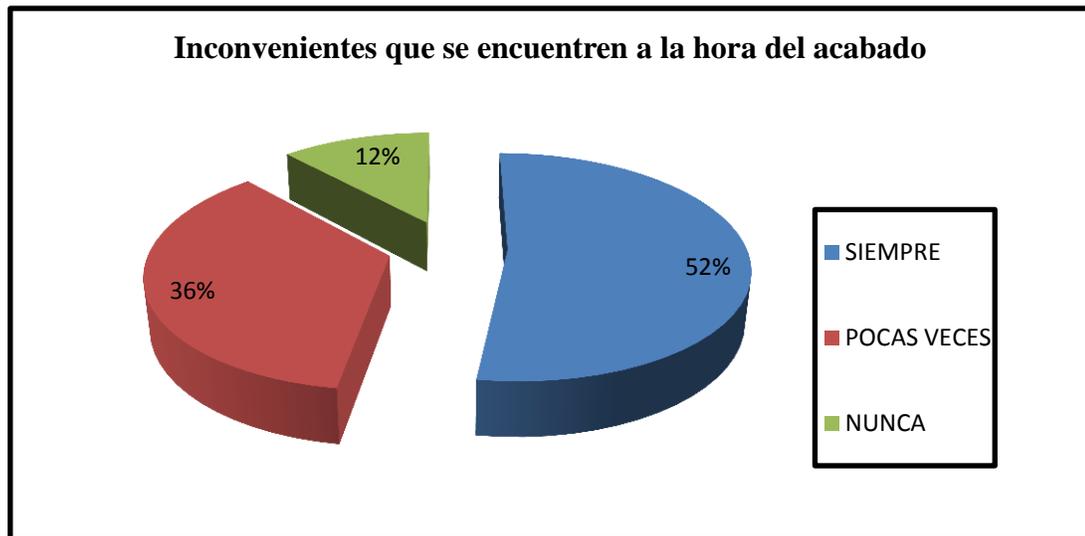


Figura 4-27: Pregunta 6 - Encuesta estudiantes

Fuente: Autor

## Análisis e interpretación

El 52.38 % de los estudiantes expresa que de una u otra manera se encuentran inconvenientes a la hora de llevar a cabo el proceso de acabados, como lo demuestra la tabla 4.33 y la figura 4.27. Esto afecta directamente en su aprendizaje al quitarles tiempo el cual lo dedicarían a otros asuntos escolares.

### 7. ¿Piensas que influye de alguna manera el tipo de los muebles de madera a la hora del proceso de acabado?

Tabla 4.34 Tabulación pregunta 7 – Encuesta a Estudiantes

Tabulación Pregunta 7 - Encuesta Estudiantes			
¿Piensas que influye de alguna manera el tipo de los muebles de madera a la hora del proceso de acabado?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	21	0,47727273	47,72
POCAS VECES	23	0,52272727	52,27
NUNCA	0	0	0
Total	44	1	100

Fuente: Autor

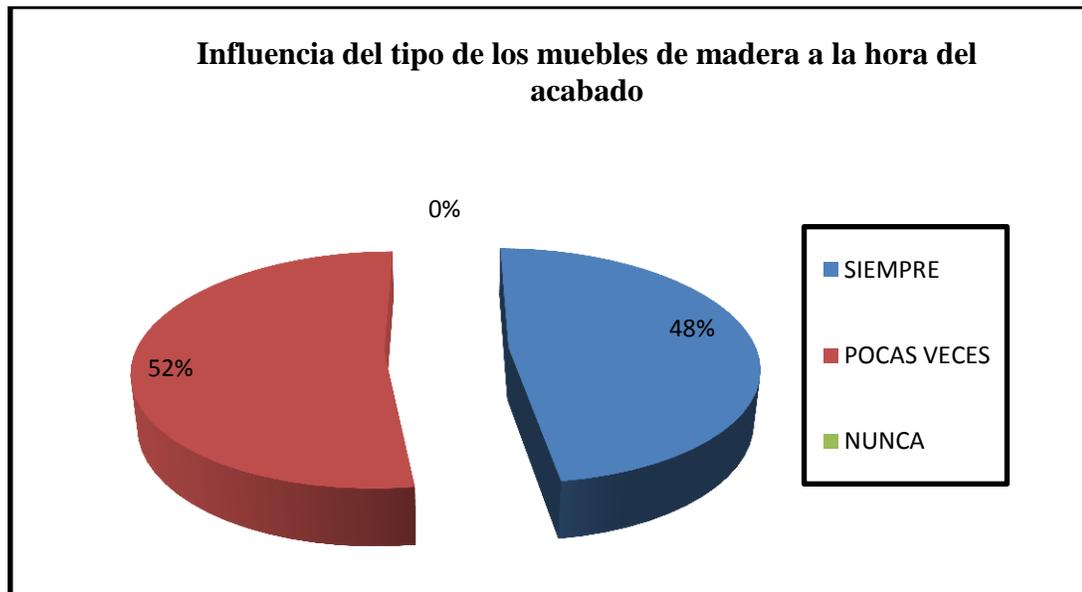


Figura 4-28: Pregunta 7 - Encuesta estudiantes

Fuente: Autor

## Análisis e interpretación

Por la habilidad que posee cada persona, la encuesta muestra que solo el 52.27% de los encuestados encontrarían algún tipo de inconveniente a la hora de realizar el proceso de acabado, por lo que se puede decir que la mayoría de los muebles son versátiles a la hora del proceso de acabado, así lo demuestran tanto la tabla 4.34y la figura 4.28.

### 8. ¿Piensas que los recursos que posee la Institución son los suficientes a la hora del proceso de acabado?

Tabla 4.35 Tabulación pregunta 8 – Encuesta a estudiantes

Tabulación Pregunta 8 - Encuesta Estudiantes			
¿Piensas que los recursos que posee la Institución son los suficientes a la hora del proceso de acabado?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	15	0,35714286	35,71
POCAS VECES	26	0,61904762	61,90
NUNCA	1	0,02380952	2,380
Total	42	1	100

Fuente: Autor



Figura 4-29: Pregunta 8 - Encuesta estudiantes

Fuente: Autor

### Análisis e interpretación

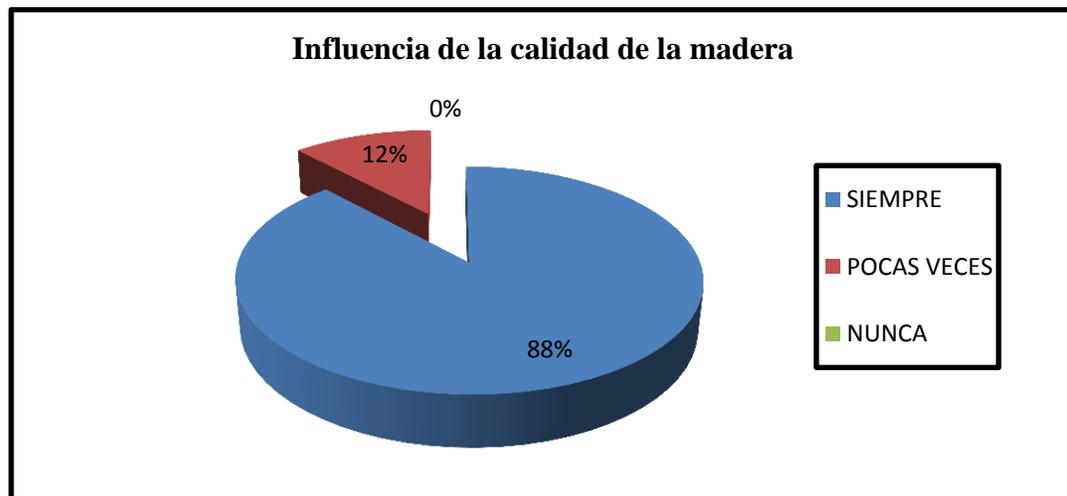
En vista de que los estudiantes son hijos de familia aún, los mismos casi comparten el hecho de que hay suficientes recursos dentro de la institución, por ello el 61.90 % piensa que lo que tienen a su disposición es suficiente, así como lo expresa la tabla 4.35 y la figura 4.29.

### 9. ¿Crees que la calidad en la madera es determinante a la hora del proceso de acabado?

**Tabla 4.36 Tabulación pregunta 9 – Encuesta a estudiantes**

Tabulación Pregunta 9 - Encuesta Estudiantes			
¿Crees que la calidad en la madera es determinante a la hora del proceso de acabado?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	37	0,88095238	88,09
POCAS VECES	5	0,11904762	11,90
NUNCA	0	0	0
Total	42	1	100

Fuente: Autor



**Figura 4-30: Pregunta 9 - Encuesta estudiantes**

Fuente: Autor

## Análisis e interpretación

El 88.09% de los encuestados manifiesta que la calidad de la madera influye dentro de la confección del mueble, como está expuesto en la tabla 4.36 y la figura 4.30. Una razón lógica para que se esté en desacuerdo en este punto es que en su estudio del proceso aprendieron que existen métodos para cambiar a una madera de mala calidad en una que sea aceptable dentro del mercado.

### 10. ¿Crees que el tipo de trabajo realizado en la madera es determinante a la hora del proceso de acabado?

Tabla 4.37 Tabulación pregunta 10 – Encuesta a Estudiantes

Tabulación Pregunta 10 - Encuesta Estudiantes			
¿Crees que el tipo de trabajo realizado en la madera es determinante a la hora del proceso de acabado?	Fa	Fr	Porcentaje
SIEMPRE	36	0,85714286	85,71
POCAS VECES	3	0,07142857	7,142
NUNCA	3	0,07142857	7,142
Total	42	1	100

Fuente: Autor

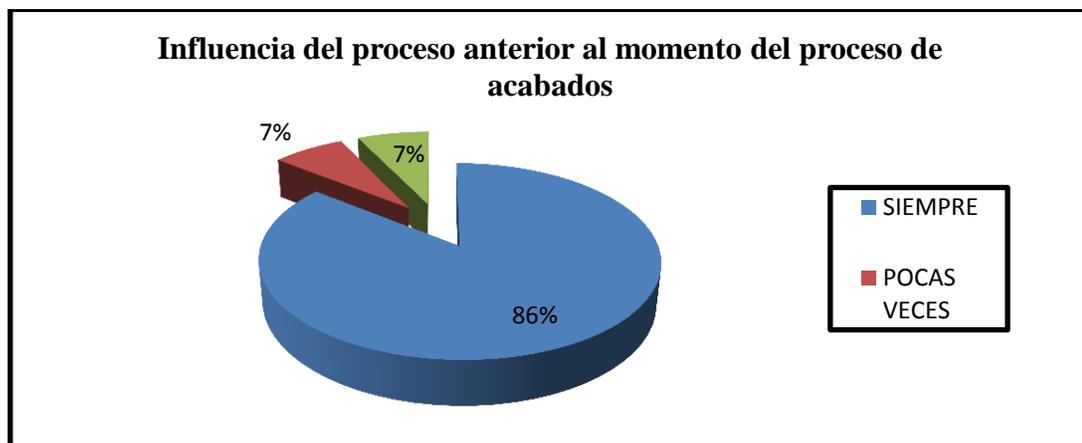


Figura 4-31: Pregunta 10 - Encuesta estudiantes

Fuente: Autor

## Análisis e interpretación

El 85.71% de los encuestados manifiesta que el proceso que se le da a los muebles antes de que llegue al proceso final influye dentro de la confección del mueble como está expuesto en la tabla 4.37 y la figura 4.31.

### 4.3.3 Análisis de los datos estadísticos para los estudiantes

En la tabla 4.38 se muestra la frecuencia observada en los estudiantes.

**Tabla 4.38 Frecuencias Observadas por estudiantes**

Frecuencias Observadas por Estudiantes				
Preguntas	Categorías			Sub-total
	SIEMPRE	POCAS VECES	NUNCA	
1. ¿Consideras que una Cámara de lacados para el proceso de lacados te ayudaría a mejorar tu aprendizaje?	33	5	4	42
2. ¿El medio ambiente en que se desarrolla el proceso de acabado de los muebles te sientes seguro?	15	24	3	42
3.- Dentro del Área de lacados crees que un ambiente cerrado y seguro de trabajo ¿Sería positivo?	5	4	33	42
4. ¿Piensas que influye de alguna manera el tamaño de los muebles de madera a la hora del proceso de acabado?	18	22	2	42
5. ¿Crees que la temperatura del medio ambiente influye a la hora del proceso de acabado?	16	23	3	42
6. ¿Piensas que influye sobre tu proceso de aprendizaje si se encuentran inconvenientes a la hora del proceso de acabado?	22	15	5	42
7. ¿Piensas que influye de alguna manera el tipo de los muebles de madera a la hora del proceso de acabado?	21	21	0	42
8. ¿Piensas que los recursos que posee la Institución son los suficientes a la hora del proceso de acabado?	15	26	1	42

**Frecuencias Observadas por estudiantes (continuación)**

9. ¿Crees que la calidad en la madera es determinante a la hora del proceso de acabado?	37	5	0	42
10. ¿Crees que el tipo de trabajo realizado en la madera es determinante a la hora del proceso de acabado?	36	3	3	42
Subtotal	218	148	54	420

**Fuente: Autor**

En la tabla 4.39 se muestra la frecuencia esperada por los estudiantes:

**Tabla 4.39** Frecuencias esperadas por estudiantes

<b>Frecuencias Esperadas por Estudiantes</b>				
Preguntas	Categorías			Subtotal
	SIEMPRE	POCAS VECES	NUNCA	
1. ¿Consideras que una Cámara de lacados para el proceso de lacados te ayudaría a mejorar tu aprendizaje?	21,8	14,8	5,4	42
2. ¿El medio ambiente en que se desarrolla el proceso de acabado de los muebles te sientes seguro?	21,8	14,8	5,4	42
3.- Dentro del Área de lacados crees que un ambiente cerrado y seguro de trabajo ¿Sería positivo?	21,8	14,8	5,4	42
4. ¿Piensas que influye de alguna manera el tamaño de los muebles de madera a la hora del proceso de acabado?	21,8	14,8	5,4	42
5. ¿Crees que la temperatura del medio ambiente influye a la hora del proceso de acabado?	21,8	14,8	5,4	42
6. ¿Piensas que influye sobre tu proceso de aprendizaje si se encuentran inconvenientes a la hora del proceso de acabado?	21,8	14,8	5,4	42
7. ¿Piensas que influye de alguna manera el tipo de los muebles de madera a la hora del proceso de acabado?	21,8	14,8	5,4	42

**Frecuencias esperadas por estudiantes (continuación)**

8. ¿Piensas que los recursos que posee la Institución son los suficientes a la hora del proceso de acabado?	21,8	14,8	5,4	42
9. ¿Crees que la calidad en la madera es determinante a la hora del proceso de acabado?	21,8	14,8	5,4	42
10. ¿Crees que el tipo de trabajo realizado en la madera es determinante a la hora del proceso de acabado?	21,8	14,8	5,4	42
<b>Subtotal</b>	<b>218</b>	<b>148</b>	<b>54</b>	<b>420</b>

Fuente: Autor

El cálculo del CHI-CUADRADO se muestra en la tabla 4.40:

**Tabla 4.40** Cálculo del Chi-cuadrado

Obs.	Esp.	(Obs.-Esp.)	(Obs.-Esp.) <sup>2</sup>	((Obs.-Esp.) <sup>2</sup> )/Esp
33	21,8	11,2	125,44	5,75412844
5	14,8	-9,8	96,04	6,489189189
4	5,4	-1,4	1,96	0,362962963
15	21,8	-6,8	46,24	2,121100917
24	14,8	9,2	84,64	5,718918919
3	5,4	-2,4	5,76	1,066666667
5	21,8	-16,8	282,24	12,94678899
4	14,8	-10,8	116,64	7,881081081
33	5,4	27,6	761,76	141,0666667
18	21,8	-3,8	14,44	0,662385321
22	14,8	7,2	51,84	3,502702703
2	5,4	-3,4	11,56	2,140740741
16	21,8	-5,8	33,64	1,543119266
23	14,8	8,2	67,24	4,543243243
3	5,4	-2,4	5,76	1,066666667
22	21,8	0,2	0,04	0,001834862
15	14,8	0,2	0,04	0,002702703
5	5,4	-0,4	0,16	0,02962963
21	21,8	-0,8	0,64	0,029357798
21	14,8	6,2	38,44	2,597297297

### Cálculo del Chi-cuadrado (continuación)

0	5,4	-5,4	29,16	5,4
15	21,8	-6,8	46,24	2,121100917
26	14,8	11,2	125,44	8,475675676
1	5,4	-4,4	19,36	3,585185185
37	21,8	15,2	231,04	10,59816514
5	14,8	-9,8	96,04	6,489189189
0	5,4	-5,4	29,16	5,4
36	21,8	14,2	201,64	9,249541284
3	14,8	-11,8	139,24	9,408108108
3	5,4	-2,4	5,76	1,066666667
420				261,3208162

Fuente: Autor

Decisión:

Como se explicó antes en el ítem 4.3.2, entonces se procede a la obtención del estadístico que es la sumatoria final de la tabla 4.45 que es  $\chi^2 c = 261.3208$ .

En el caso de los estudiantes por las regiones que se plantearon, se cumple que  $\chi^2 c > \chi^2 t$ , es decir se halla en la zona de rechazo, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Las conclusiones están basadas en el análisis de los resultados obtenidos en forma teórica y práctica, además de estar sujetos a lo expuesto en el Capítulo 2 de este documento, en el mismo se dan los parámetros que fundamentan esta investigación.

- De acuerdo al estudio de sistemas de acabados para muebles de madera, el sistema más adecuado para mejorar la calidad y optimizar el tiempo es la cortina de agua.
- El sistema con cortina de agua es el más aplicable en el contexto en el que se realizó la investigación.
- El sistema de acabados con cortina de agua nos ayuda a mantener un ambiente limpio al momento de trabajar.
- En el sistema de tuberías se calculó las pérdidas primarias y secundarias para obtener un flujo laminar en la cortina de agua.
- El diseño de la cámara con dos tanques, uno de succión y una de descarga, facilitó la obtención del flujo laminar en la cortina de agua.
- Se calculó la eficiencia del sistema de cortina de agua implementado, a tres diferentes distancias, llegando así a determinar la distancia más adecuada para realizar el proceso de lacado de madera, siendo la mas recomendada la de 0,5 metros.

- La realizar la comparación del ambiente en el proceso de acabado tanto dentro como fuera de la cámara se nota que cámara disminuyó la concentración de COV en un 82,14%.
- La eficiencia del sistema de acabados con cortina de agua es del 68.59% al realizarse el análisis gravimétrico del agua que recircula por la cámara.
- Al tener un ambiente limpio en el taller de trabajo podemos utilizar cualquier tipo de producto al momento de los acabados.
- El taller mejoró en 11% con respecto al tiempo de producción, así como también se ahorró un 6% del costo total de los muebles.
- El tiempo de trabajo de una persona dentro del taller es más eficiente, razón por la cual la producción mejoró.
- Al tener un ambiente limpio dentro del taller de carpintería la calidad de los muebles mejoró considerablemente.
- La limpieza del contorno del taller mejoró, por la ausencia de residuos químicos en el ambiente.
- Al optimizar el tiempo de producción los estudiantes tienen más oportunidad de realizar preguntas y sugerencias en el ámbito estudiantil.
- Se elevó la autoestima de los estudiantes debido a que ahora saben que tienen oportunidad de competir con grandes industrias.

## **5.2 Recomendaciones**

- El diámetro de la tubería de succión es el mismo que el de la descarga; de esta manera se evitó la cavitación y mejoró la aspiración. Además para nuestro caso no es necesario tener una gran presión de agua ya que solo necesitamos recirculación del agua dentro del sistema.

- La longitud de la tubería de succión debe ser la mínima posible. Es importante evitar los accesorios y acoplamientos para reducir al máximo las pérdidas secundarias.
- Antes de iniciar el sistema de acabados, revisar que la bomba esté cebada (sangrar), para que funcione correctamente y no se produzca el golpe de ariete y bolsas de aire.
- El buen criterio a la hora del diseño del prototipo nos ayuda a evitar muchas pérdidas secundarias.
- Percatarse de que las válvulas estén abiertas completamente para evitar problemas de presión.
- El sistema de acabados debe estar bien anclado con las especificaciones referidas en el Capítulo 2.
- Realizar un mantenimiento preventivo con frecuencia, ya que es más fácil y económico que un mantenimiento correctivo.
- Leer los pasos recomendados en la guía de funcionamiento del sistema de acabados así como también el catálogo de la bomba.
- Para maximizar el uso de la cámara, utilizar mascarillas adecuadas para una mejor protección personal.
- Tratar de alejar a las personas que no posean equipos de seguridad.

## CAPÍTULO VI

### PROPUESTA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CÁMARA DE ACABADOS CON CORTINA DE AGUA PARA MEJORAR EL PROCESO DE ACABADO SUPERFICIAL EN LOS MUEBLES DE MADERA Y LA PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE CARPINTERÍA DEL EL COLEGIO “JUAN XXIII” EN LA CIUDAD DEL TENA – NAPO.

#### 6.1 Datos informativos

Para dar solución a la investigación planteada es recomendable el diseño y la construcción de un sistema de acabados que consiste en una cámara con cortina de agua, siendo la mejor opción de los sistemas investigados.

Los datos informativos del sistema son los siguientes:

**Tabla 6.1 Datos generales de la propuesta**

Ejecutor		José David Pincha Miranda
Descripción		Sistema de acabados para muebles de madera con cortina de agua
Lugar	Construcción	Instituto Técnico “Juan XXIII”
	Ensayos	Instituto Técnico “Juan XXIII”
Beneficiarios		Estudiantes y Docentes del Instituto Técnico “Juan XXIII”
Tiempo de ejecución		(Diciembre 2012 – Febrero 2014)

**Fuente: Autor**

Este sistema está diseñado con un tanque inferior el cual va a proveer de agua necesaria para el correcto funcionamiento del sistema, además, el agua a utilizarse debe estar en reposo al iniciar el ciclo de trabajo para evitar turbulencia, así como también, la bomba debe estar cebada por la misma razón. La cámara posee un sistema de tuberías el cual es el encargado de transportar el fluido (agua) a los tanques superiores, posteriormente por acción de la gravedad se forma la cortina de agua que es la que ayudará a atrapar las partículas de químicos en el proceso de acabados, teniendo un ambiente más limpio en el taller y así optimizar el tiempo y los recursos económicos de esta manera el sistema de acabados para muebles de madera con cortina de agua nos permite:

- Optimizar el tiempo y mejorar la productividad en el área de carpintería en el Instituto Técnico “Juan XXIII” de la ciudad de Tena - Napo.
- Visualizar y reconocer a simple vista la mejora en la calidad de la producción y del ambiente del área de trabajo
- Proporcionar datos de la fase final de la construcción de un mueble, y nos da referencia, del ahorro de tiempo y economía que el mismo proporciona al diseñarse e instalarse en los predios de la Institución Beneficiaria.

## **6.2 Antecedentes de la propuesta**

En el Instituto “Juan XXIII” de la Ciudad del Tena – Napo, en el área de carpintería no existe ningún sistema adecuado para realizar correctamente el proceso final de acabado superficial de muebles de madera, razón por la cual los estudiantes y docentes desconocen este tipo de métodos que ayudarán a conocer y saber los beneficios de la utilización de un sistema como el propuesto en la investigación, para mejorar su ambiente de trabajo y así saber la manipulación de estos instrumentos dentro de la industria.

### **6.3 Justificación**

El motivo de la presente investigación y posterior propuesta “Diseño y construcción de un sistema de acabados para muebles de madera con cortina de agua”, se debe a que el mismo ayudó a la optimización del tiempo en los talleres del Instituto “Juan XXIII” de la ciudad del Tena - Napo, el mismo que permitió que la producción mejore, así como también mejoró la calidad de los muebles ahí construidos, por lo tanto, concientizando a los estudiantes y docentes la importancia de tener sistemas que ayuden a la mejora de la producción y la calidad para mejorar su formación profesional.

Con la aplicación de este sistema de acabados para muebles de madera con cortina de agua tanto los estudiantes de la Universidad Técnica de Ambato como los del Instituto Técnico “Juan XXIII”, serán beneficiados directa como indirectamente, los primeros al tener una fuente bibliográfica que demuestre formas de mejorar la parte final del proceso de construcción de un mueble de madera y en general del proceso, esto implica el diseño y la construcción de este sistema de acabados con cortina de agua que tiene involucradas materias como Sistemas Hidráulicos, Diseño por Elementos Finitos, reforzando lo aprendido en las aulas, y los segundos al tener un sistema implementado en el Instituto Técnico “Juan XXIII” el cual les dará la oportunidad de incorporarse de manera rápida y eficiente al campo laboral ya que tendrán habilidad y experiencia en el manejo de sistemas de este tipo dándoles ventaja con respecto a otras personas dentro de su misma rama.

### **6.4 Objetivos**

#### **6.4.1 Objetivo general**

Diseñar y construir un sistema de acabados para muebles de madera con cortina de agua en el Instituto Técnico “Juan XXIII” de la Ciudad del Tena - Napo

## **6.4.2 Objetivos específicos**

- Diseñar un sistema de acabados para muebles de madera con cortina de agua para el Instituto Técnico “Juan XXIII” de la Ciudad del Tena – Napo
- Construir un sistema de acabados para muebles de madera con cortina de agua para el Instituto Técnico “Juan XXIII” de la Ciudad del Tena – Napo
- Optimizar los tiempos en la fase final del proceso de construcción de un mueble de madera.
- Optimizar los recursos para la obtención de un mueble de madera.
- Diseñar un sistema de tuberías el cual nos permita tener un flujo laminar para formar la cortina de agua.
- Elegir una bomba para agua la cual nos brinde la mejor eficiencia dentro del sistema de acabados.

## **6.5 Análisis de factibilidad**

### **6.5.1 Análisis técnico**

Un análisis de factibilidad técnica debe estar basado en la aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera estudiantil, así como también, de las prácticas realizadas en los talleres de la Universidad Técnica de Ambato, y en vista que la implementación se la realizó en el Instituto Técnico “Juan XXIII”, la construcción del sistema se efectuó en los predios de la Institución beneficiaria, la misma que por ser una Institución Técnica posee las máquinas - herramientas necesarias así como los equipos necesarios para la construcción del sistema de acabados.

Las pruebas de funcionamiento y recolección de datos se la realizó en el Instituto Técnico “Juan XXIII”.

## **6.6 Fundamentación**

### **6.6.1 Diseño del sistema de tuberías**

#### **6.6.1.1 Diseño del sistema de fluido**

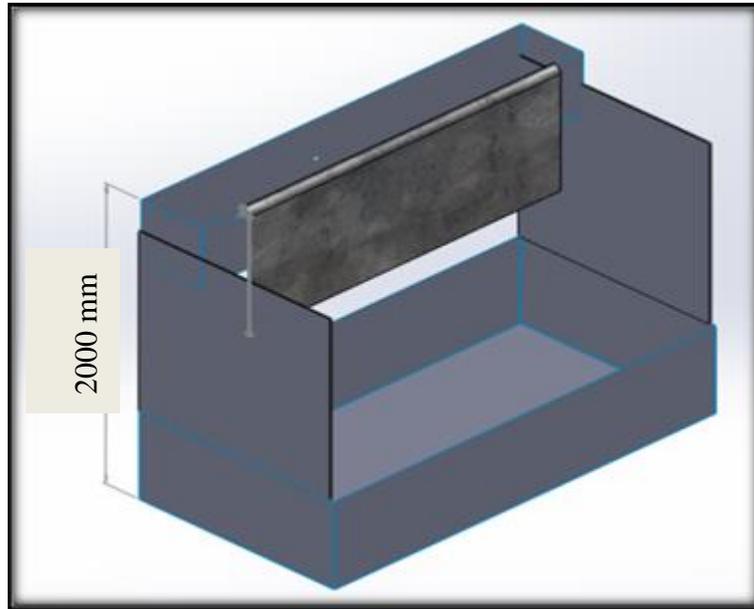
El diseño de un sistema de fluido es de gran importancia dentro de la operación exitosa de una cortina de agua para los acabados de los muebles de madera, cada uno de los elementos como: Tanque de alimentación y descarga, tubería de succión y descarga, y soportes deben considerarse con cuidado. El diámetro de la tubería de descarga nunca deberá ser menor que el de succión especificado en la bomba, en la mayoría de los casos debería ser al menos un tamaño mayor, de igual manera la tubería de succión deberá ser tan corta como sea posible para una mejor aspiración y así evitar que exista cavitación dentro del sistema de fluidos [13].

Para el caso del sistema de acabados con cortina de agua es apropiado utilizar el mismo diámetro recomendado por el fabricante de la bomba tanto para la succión como para la descarga, por ello se eligió la tubería de diámetro de una pulgada.

#### **6.6.1.2 Selección de la Bomba**

Una correcta selección de una bomba para el sistema se la puede hacer de acuerdo a la altura neta, caudal requerido, presión, así como también, calculando las pérdidas primarias y secundarias que se producen en la tubería y accesorios.

En la figura 6.1 se muestra la altura del sistema a la cual va a ser necesario que se eleve el agua, esta es de 2047.07mm a la cual por motivos de cálculos la tomaremos por 2.00 m, dicha altura es a la cual la bomba seleccionada va a tener que funcionar sin ningún contratiempo, otro de los parámetros para la selección es el caudal que se requiere que exista al final del sistema de descarga, debido a que solo es necesario un flujo laminar en la cortina de agua.



**Figura 6-1: Altura necesaria de trabajo**

(Fuente, El Autor)

Por ello se ha instalado una adaptación del vertedero tipo Cipolletti con la variación que en vez de las aristas inclinadas rectas tenemos radios de círculos, la modificación se debe a la estética de la cámara, la misma no afecta de ninguna manera al análisis del vertedero tipo Cipolletti, debido a que solo del vertedero tomamos 2mm de radio los cuales se los puede considerar como las aristas inclinadas como se muestran en las figuras, 6.2 y 6.3, en la parte superior del tanque de descarga el cual cumple con el diseño estándar que se requiere para el mismo, que es el siguiente:

- La altura de la cresta sobre el fondo del canal es  $H_c \geq 3H_{max}$ .
- La carga mínima sobre la cresta es  $H_{min} > 0.2pie$ .
- La carga máxima sobre la cresta es  $H_{max} < L/3$  (Robert Mott, 2010).

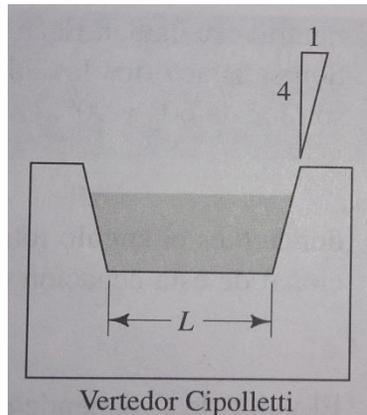
Además, este vertedero está contraído respecto a los lados de la corriente en una distancia de al menos  $2H_{max}$  y tiene sus lados con pendiente hacia afuera, así la ecuación para medir el caudal de un vertedero tipo Cipolletti es como se muestra en la ecuación 6.1 y la figura 6.2 y 6.3 [5].

$$Q = 3.367LH^{3/2}$$

**Ecuación 6.1**

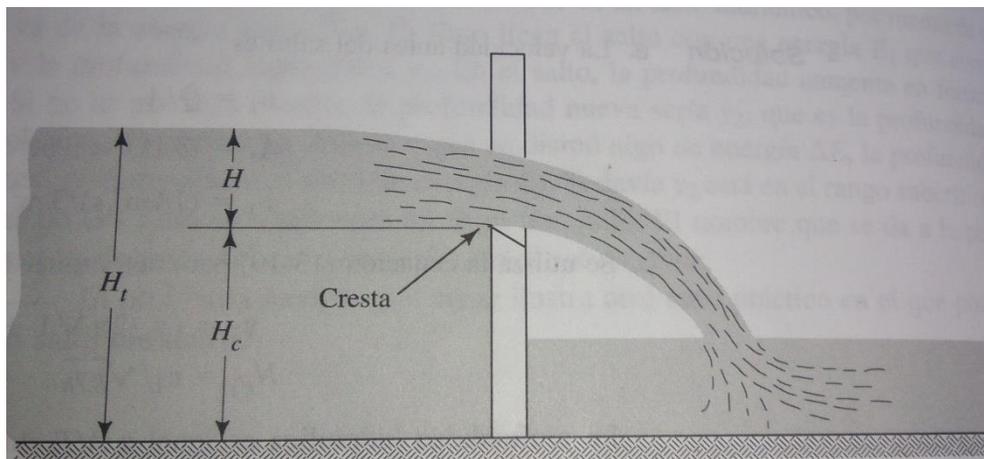
Dónde:

L y H están en pies y Q = en pies<sup>3</sup>/s



**Figura 6-2: Vertedero Cipolletti (vista frontal)**

**Fuente: (Robert Mott, 2010)**



**Figura 6-3: Vertedero Cipolletti (vista lateral)**

**Fuente: (Robert Mott, 2010)**

Por lo tanto el caudal que tenemos en el vertedero del tanque de descarga, se calcula con la ecuación 6.1 es:

$$L = 2\text{m} = 6.562 \text{ pies}$$

$$H = 2\text{mm} = 6.096 * 10^{-4}\text{pies}$$

$$Q = 3.325 \frac{\text{pies}^3}{\text{s}} = 9.42 * 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Debido a que asumimos que  $H = 2\text{mm}$ , para el caso del vertedero, calculamos el volumen necesario que necesitamos en el tanque de succión para mantener el caudal constante en la cortina, y así mantener el flujo laminar necesario. El volumen necesario en el tanque de descarga se calcula con la ecuación 6.2:

$$V = B * h * l \qquad \text{Ecuación 6.2}$$

$$V = 2 \text{ m} * 0.37\text{m} * 0.40\text{m} = 0.296 \text{ m}^3 \text{ (gráficos y explicación)}$$

Para este volumen el sistema de tubería y bombas instaladas son satisfactorias.

Para obtener un buen resultado al momento del diseño, se tiene que elegir una bomba y dentro de las opciones que se tiene en el mercado la elección de una BOMBA PEDROLLO ha sido las más adecuadas, ya que la misma posee buena reputación además de tener una garantía en la facilidad de repuestos y economía de los mismos. Mediante estos parámetros y observando en el Anexo 16, es decir las curvas de cada una de las bombas Pedrollo, la curva del modelo PKm.60 monofásica es la ideal para este sistema. En la tabla 6.2 se puede observar las características de la bomba.

**Tabla 6.2 Características de la bomba centrífuga PK60**

PUMP PKm 60			
Q	5 / 40 lpm	H	38 / 5 m
Hmáx.	40 m	Hmin	5 m
V	110	Hz	60   3450 min-1
Kw	0.37   Hp 0.5	5,5 A	550Wmax
	7.8 Kg	C	25µF

**Fuente: Autor**

### **6.6.1.3 Selección de la tubería y accesorios**

La selección del diámetro de la tubería de succión y descarga para el sistema de acabados en general se lo hace según el diámetro especificado en la bomba tanto en la succión como en la descarga, se ha seleccionado la tubería PVC ya que tiene ventajas mecánicas muy satisfactorias.

### **6.6.1.4 Ventajas de la tubería PVC**

- Con certificado de conformidad con sello INEN.
- Amplia gama de diámetros y presiones.
- No se produce corrosión galvánica y/o electrolítica, ni la formación de depósitos o incrustaciones en las paredes interiores, conservando inalterable su sección hidráulica.
- Por la inercia química del compuesto de PVC y sus aditivos resisten al ataque de aguas y suelos agresivos y aplicación de fertilizantes.
- No favorecen la adherencia de algas, hongos, moluscos, etc.
- Trabajan a grandes presiones y con períodos de vida útil prolongados.
- Su módulo de elasticidad le permite una alta resistencia a las sobrepresiones hidrostáticas por golpe de ariete y a los esfuerzos producidos por cargas externas del material de relleno, de tráfico y sísmicas.
- Su bajo coeficiente de fricción con respecto a otros materiales, asegura una mayor capacidad de conducción.
- Su bajo peso facilita el transporte, manipulación e instalación.
- Resistencia a asentamientos diferenciales y permiten deflexiones.

### **6.6.1.5 Selección de accesorios de la instalación hidráulica**

Para formar la red de circulación del fluido es necesaria la colocación de algunos accesorios, los cuales facilitan y ayudan a obtener un flujo laminar dentro del sistema.

A continuación se detallará cada uno de los accesorios, y se establecerá cual es la función que cumple en el sistema de acabados, el cálculo de los mismos de detallan en las tablas 6.5 y 6.6.

**a) Tubos PVC**

Son los encargados de la succión y la descarga del fluido en sus respectivos tanques.

**b) Te**

Encargada de unir o separar dos flujos de tengan direcciones contrarias como se muestra en la figura 6.4.



**Figura 6-4 Te**

**Fuente: Autor**

**c) Codo 90**

Cambia la dirección de un fluido en 90 grados como se muestra en la figura 6.5.



**Figura 6-5: Codo de 90**

**Fuente: Autor**

**d) Brida**

Encargada de bloquear el paso del fluido en las paredes rectas de un recipiente como se muestra en la figura 6.6.



**Figura 6-6: Brida**

**Fuente: Autor**

**e) Universal**

Utilizada generalmente en las entradas y salidas tanto de bombas o tanques, muy útiles para el mantenimiento tanto correctivo como preventivo como se muestra en la figura 6.7.



**Figura 6-7: Universal**

**Fuente: Autor**

**f) Unión**

Son pequeños acoples los cuales ayudan como su nombre lo indica a unir dos tuberías como se muestra en la figura 6.8.



**Figura 6-8: Unión**

**Fuente: Autor**

**g) Válvula de Globo**

Es un accesorio que permite el paso del fluido de manera abrupta ya que solo se necesita un pequeño giro para su cierre o apertura como se muestra en la figura 6.9 y sus especificaciones se dan en la tabla 6.3.



**Figura 6-9: Válvula de Globo**

**Fuente: Autor**

**Tabla 6.3 Válvula de globo**

<b>VÁLVULA DE GLOBO</b>	
Diámetro Nominal	1 pulgada
Presión de Trabajo	0.80 Mpa
Temperatura Máxima	70 C
Material	Polipropileno

**Fuente: Autor**

Estos son los accesorios utilizados para obtener un flujo laminar en el sistema, los cuales forman la distancia mas corta entre el tanque de succión con el de descarga, evitando así cavitaciones y turbulencia, siendo escogidos con un diámetro de 1 pulgada, debido a que ese es el diámetro de salida de la bomba elegida, las perdidas con estos accesorios son las que se muestran en las tablas 6.5 y 6.6.

**6.6.2 Accesorios de la instalación eléctrica**

**Pulsador On/Off**

Permite el paso de la corriente que energizara la bomba de agua como se muestra en la figura 6.10, y sus características son las indicadas en la tabla 6.4.



**Figura 6-10:** Pulsador On/Off

**Fuente:** Autor

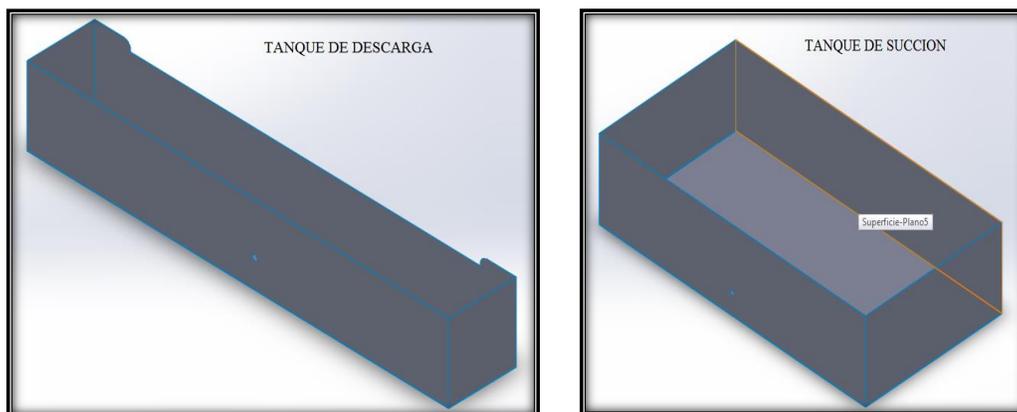
**Tabla 6.4 Pulsador**

PULSADOR	
Voltaje	110 – 500v
Amperaje	30 A
Potencia	7.5 Kw

**Fuente:** Autor

### 6.6.2.1 Diseño del tanque de succión y descarga

Son los encargados de suministrar el fluido de succión como de descarga, son de distintos tipos y materiales, para esta cámara se utilizó tanques de fibra de vidrio por su buena resistencia y forma rectangular, como lo muestra la figura 6.11.



**Figura 6.11** Tanques de descarga y succión

**Fuente:** Autor

Existen algunas consideraciones en el dimensionamiento del tanque de alimentación y descarga. Es imperioso que se limite la cantidad de turbulencia y de aire transportado.

El aire transportado puede causar reducción de capacidad y eficiencia como también vibración, ruido, rotura del eje de la bomba, pérdidas primarias y corrosión acelerada.

Para determinar el volumen del tanque se toma el caudal máximo de la bomba.

$$Q_{\max} = 40\text{ts}$$

A este caudal le sumamos 35lt para reserva.

$$Q_{\text{total}} = 75\text{ts}$$

Calculamos el volumen y tenemos:

$$V = 0.075\text{m}^3$$

Para el dimensionamiento del tanque a utilizarse calculamos el área del tanque en forma rectangular con la ecuación 6.3:

$$A = b * h \qquad \textbf{Ecuación 6.3}$$

Dónde:

A = Área del tanque

b = base del rectángulo [m]

h = altura del rectángulo [m]

Con una base de 2.40 m y una altura de 1.20 m entonces con la ecuación 6.6 el área es:

$$A = 2.88\text{m}^2$$

Con el área encontramos el volumen del tanque rectangular por medio de la ecuación 6.4:

$$V = A * H \quad \text{Ecuación 6.4}$$

Dónde:

H= altura del tanque rectangular,  $600mm^2 = 6 * 10^{-4} m^2$

$$V = 1.73 * 10^{-3}m^3$$

$$V = 1728000 mm^3$$

Como podemos observar el volumen del tanque puede abastecer el volumen del caudal requerido para la bomba, con esto las dimensiones del tanque de succión:

$$H = 1.20 \text{ m}$$

$$h = 0.6 \text{ m}$$

$$b = 2.40 \text{ m}$$

Y para el tanque de descarga tomamos en 30% de H y el 66.67 % de h, por un criterio de diseño y para evitar la turbulencia en la parte superior en el tanque de descarga entonces tenemos:

$$H = 0.40 \text{ m}$$

$$h = 0.40 \text{ m}$$

$$b = 2.40 \text{ m}$$

### 6.6.2.2 Cálculo de la presión en el fondo de los tanques de succión y descarga

#### a) Tanque de succión

La presión existente en el fondo del tanque es igual a la presión del fluido más la presión atmosférica.

Para el cálculo de la presión del fluido en el fondo de tanque aplicamos el principio de Pascal tenemos:

$$P_{\text{fluido}} = \gamma * h \quad \text{Ecuación 6.5}$$

Dónde:

$\gamma$  = peso específico del agua a 20°C = 9.81KN/m<sup>3</sup>, del Anexo 12

h = altura del tanque

De la ecuación 6.5 tenemos:

$$P_{\text{fluido}} = 5.89\text{Kpa}$$

Con el valor de la presión del fluido, más la presión Atmosférica obtenemos la presión total del tanque que viene dada por la ecuación 6.6. La presión atmosférica en la ciudad de Tena es de 1012.8Pa.

$$P_{\text{tanque}} = P_{\text{fluido}} * P_{\text{atmosférica}} \quad \textbf{Ecuación 6.6}$$

$$P_{\text{tanque}} = 5.89\text{kpa} + 1.0128\text{kpa}$$

$$P_{\text{tanque}} = 6.90\text{kpa}$$

#### **b) Tanque de descarga**

Al igual que en el tanque de succión, con de la ecuación 6.5 tenemos:

$$P_{\text{fluido}} = 3.924 \text{ Kpa}$$

Con el valor de la presión del fluido más la presión Atmosférica obtenemos la presión total del tanque de succión con la ecuación 6.6:

$$P_{\text{tanque}} = 3.924\text{kp} + 1.0128\text{kpa}$$

$$P_{\text{tanque}} = 4.96 \text{ kpa}$$

### 6.6.3 Cálculos teóricos de los parámetros de una bomba de succión y descarga para una cámara de acabados con cortina de agua

Para el sistema de acabados con cortina de agua el fluido que se utilizará es el agua a temperatura ambiente y sus propiedades se las toman del Anexo 12, con un peso específico de  $9.81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$ , densidad  $1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ , viscosidad cinemática  $1.02 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ , el agua a utilizarse es transportada por medio del sistema de tuberías por la acción de una bomba con las siguientes especificaciones:

- Altura máxima = 40 m
- Caudal máximo =  $6.67e^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
- Potencia = 372.85 W
- Diámetro de succión = 25.4 mm
- Diámetro de descarga = 25.4 mm

#### 6.6.3.1 Cálculo por fricción

Mediante la figura 6.12 y 6.13 podemos observar la distancia de la tubería tanto de succión como de descarga.

Así por la ecuación 2.13 de Darcy Weisbach.

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

El caudal con el que se va a trabajar lo obtenemos de la placa de la bomba el cual es:

$$Q = 6.67E-4 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

El fluido es agua a temperatura ambiente.

Con estos valores podemos obtener la velocidad a la cual el fluido está siendo transportado mediante la ecuación 2.5.

$$Q = AV$$

El área de la tubería la obtenemos con la ecuación 6.7 que es la del área de un círculo:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad \text{Ecuación 6.7}$$

El diámetro nominal de la tubería es de 25.4 mm con este valor tomamos el valor de las tablas del Anexo 8, que es el diámetro interno:

$$D_{\text{int}} = 22.4 \text{ mm}$$

$$A = 3.94e^{-4}m^2$$

Remplazando y despejando en la ecuación 2.5 del caudal tenemos

$$V_1 = \frac{Q}{A}$$
$$V_1 = \frac{6.67 * 10^{-4}m^3/s}{3.94e^{-4}m^2} = 1.60 \frac{m}{s}$$

Con la velocidad podemos calcular el número de Reynolds mediante la ecuación 2.4.

$$Re = \frac{vD}{\gamma}$$

Dónde:

$\gamma$  = Viscosidad cinemática [ $\frac{m^2}{s}$ ].

Mediante el cálculo se obtiene el número de Reynolds, el cual nos indica si el flujo es turbulento o laminar, además se elige la ecuación de Reynolds para flujos al aire libre para este caso, este criterio se deriva con la siguiente recomendación:

- Para los flujos de tubería laminar el número de Reynolds **R** es menor a 2000.

➤ Para los flujos de tubería turbulentos el número de Reynolds **R** es mayor a 2000.

El valor de la viscosidad cinemática lo obtenemos de la tabla del Anexo 12 propiedades del agua.

$$v = 1.02e^{-6}m^2/s$$

$$R_e = \frac{1.60m/s * 0.0224m}{1.02e^{-6}m^2/s}$$

Re = 3513.725 en la tubería

En vista de que el número de Reynolds es muy elevado procedemos al cálculo por medio del radio hidráulico.

Para secciones transversales no circulares utilizamos el radio hidráulico que se define como lo muestra la ecuación 6.8 de la siguiente manera:

$$R = \frac{A}{PM} \quad \text{Ecuación 6.8}$$

Dónde:

A = Área.

PM = Perímetro Mojado [m].

De la ecuación 6.8 tenemos:

$$R = \frac{b * h}{2b + 2h} = \frac{2.4m * 2e^{-3}m}{2 * 2.4 + 2 * 2e^{-3}}$$

$$R = 9.99e^{-4}m$$

La nueva velocidad que obtenemos en el vertedero con la ecuación 2.2 es:

$$v = \frac{6.31 * 10^{-4}m^3/s}{2.4m * 2e^{-3}m}$$

$$v = 0.13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El nuevo número de Reynolds para secciones no circulares lo representa la ecuación 6.9:

$$N_R = \frac{v(4R)}{\nu} \quad \text{Ecuación 6.9}$$

Dónde:

$$\nu = 1.30e^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Entonces tenemos por la ecuación 6.9 que:

$$N_R = \frac{0.13 \frac{\text{m}}{\text{s}} * (4 * 9.99e^{-4}\text{m})}{1.30e^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$N_R = 399.6$ , se puede decir que por el criterio de Reynolds dicho anteriormente, el flujo en la salida del vertedero es laminar y así tenemos una cortina de agua continua.

El cálculo del factor por fricción lo realizaremos mediante la ecuación 2.16 de P. k. Swamee y S. K. Jain [2].

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7 \left( \frac{D}{\varepsilon} \right)} + \frac{5.74}{R_e^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Dónde:

$\varepsilon$  = Rugosidad de conducto [m].

Este valor lo obtenemos del Anexo 13, de la tabla de rugosidad del conducto para diseño.

$$\varepsilon = 3.0e - 7\text{m}$$

Remplazando estos valores en la ecuación de P. k. Swamee y S. K. Jain tenemos.

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7 \left( \frac{0.0224}{3e-7} \right)} + \frac{5.74}{35137.25^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.0023$$

Debido a que el sistema posee el mismo diámetro en sus tuberías de succión, descarga y accesorios, podemos tomar los valores calculados para el sistema en cualquier punto.

### 6.6.3.2 Cálculo de pérdidas primarias y secundarias

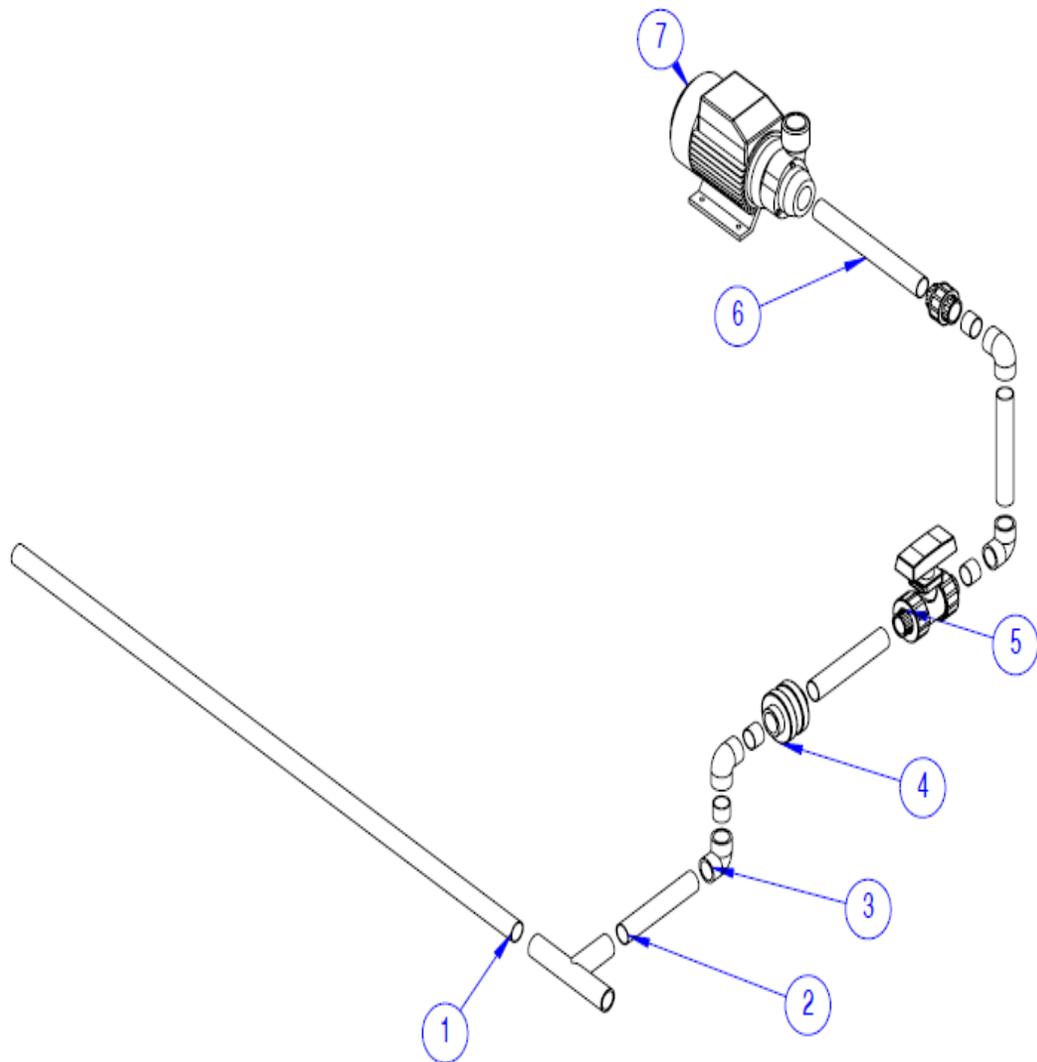
A pesar que las pérdidas por fricción van a ser mínimas por la longitud y además que el material de la tubería es liso, se procede al cálculo para saber con exactitud las pérdidas que generarán los accesorios y demás elementos involucrados dentro de este sistema [5].

Para la realización de este cálculo se procede a dividir en 2 secciones al sistema de acabados el cual será, uno el sistema de succión y otro el sistema de descarga.

De esta manera podemos tener datos de cada una de las partes de sistema.

Podemos realizar tablas mediante un software para facilitar el cálculo correspondiente a las pérdidas tanto primarias como secundarias, y así manipular los datos sin demoras a la hora del cálculo, como se muestra en las tablas 6.5 y 6.6.

En la figura 6.12 se representa sección de succión con las medidas correspondientes.

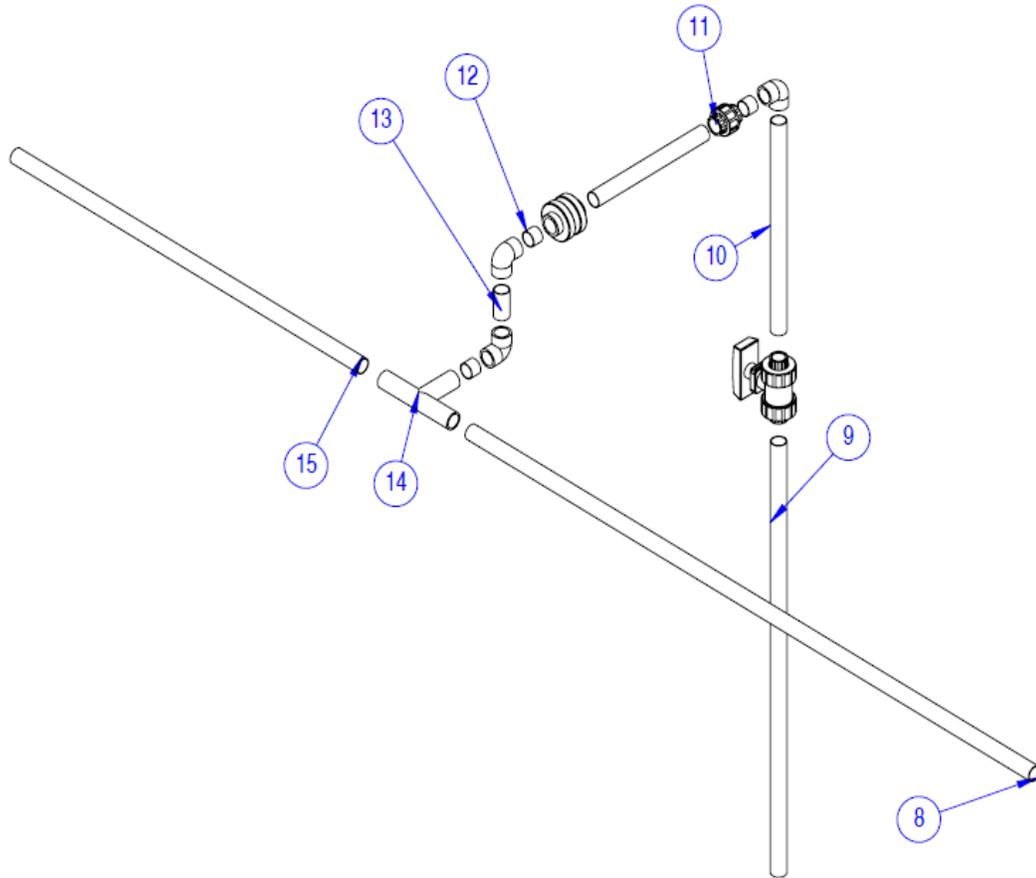


6	1	Tubo	1 in	PVC	6	25,4 x 150 mm
5	4	Válvula de Globo	1 in	PVC	5	1 in
4	4	Brida doble cámara	1 in	PVC	4	1 in
3	7	Codo 90°	1 in	PVC	3	1 in
2	3	Nipple	1 in	PVC	2	1 x 6 in
1	2	Tubo	1 in	PVC	1	25,4 x 1100mm
No. de Piez	Denominación	Nº de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso Kg/piez

**Figura 6-12: Red de succión**

**(Fuente, El Autor)**

En la figura 6.13 se representa sección de descarga con las medidas correspondientes.



15	1	Tubo	1 in	PVC	15
14	2	Tee	1 in	PVC	14
13	1	Nipple	1 in	PVC	13
12	7	Nipple	1 in	PVC	12
11	2	Unión Universal	1 in	PVC	11
10	1	Tubo	1 in	PVC	10
9	1	Tubo	1 in	PVC	9
8	1	Tubo	1 in	PVC	8
7	1	Bomba para agua	1/2Hp	----	7

**Figura 6-13: Red de descarga**

(Fuente, El Autor)

6.6.3.3 Cálculo de pérdidas por accesorios y tubería en la succión (Valores de K Anexo 9)

Tabla 6.5 Cálculo de pérdidas por accesorios y tubería en la succión

CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR ACCESORIOS Y TUBERÍAS EN LA SUCCIÓN						
# DE ACCESORIOS 1in	Le/D	L/D	F	K	V <sup>2</sup> /2g	HL=K*(V <sup>2</sup> )/2g
TUBERÍA 1,10m		43,3070866	0.0023	0,99606299	0,130612245	0,130098023
TUBERÍA 1,10m		43,3070866	0.0023	0,99606299	0,130612245	0,130098023
TE	60		0.0023	1,38	0,130612245	0,180244898
TUBERÍA 0,10m		3,93700787	0.0023	0,09055118	0,130612245	0,011827093
CODO 90	50		0.0023	1,15	0,130612245	0,150204082
TUBERÍA DE 0,02m		0,78740157	0.0023	0,01811024	0,130612245	0,002365419
TUBERÍA DE 0,15m(BRIDA)		5,90551181	0.0023	0,13582677	0,130612245	0,01774064
TUBERÍA DE 0,05m		1,96850394	0.0023	0,04527559	0,130612245	0,005913547
TUBERÍA DE 0,06m		2,36220472	0.0023	0,05433071	0,130612245	0,007096256
VÁLVULA DE GLOBO	340		0.0023	7,82	0,130612245	1,021387755
TUBERÍA DE 0,06m		2,36220472	0.0023	0,05433071	0,130612245	0,007096256
CODO 90	50		0.0023	1,15	0,130612245	0,150204082
TUBERÍA 0,10m		3,93700787	0.0023	0,09055118	0,130612245	0,011827093
CODO 90	50		0.0023	1,15	0,130612245	0,150204082
TUBERÍA DE 0,06m		2,36220472	0.0023	0,05433071	0,130612245	0,007096256
TUBERÍA DE 0,15m(UNIV.)		5,90551181	0.0023	0,13582677	0,130612245	0,01774064
TUBERÍA DE 0,06m		2,36220472	0.0023	0,05433071	0,130612245	0,007096256
<b>P. ACCESORIOS</b>						<b>1,652244898</b>
<b>P. TUBERÍA</b>						<b>0,355995501</b>
<b>P. TOTAL</b>						<b>2,008240399</b>

Fuente: Autor

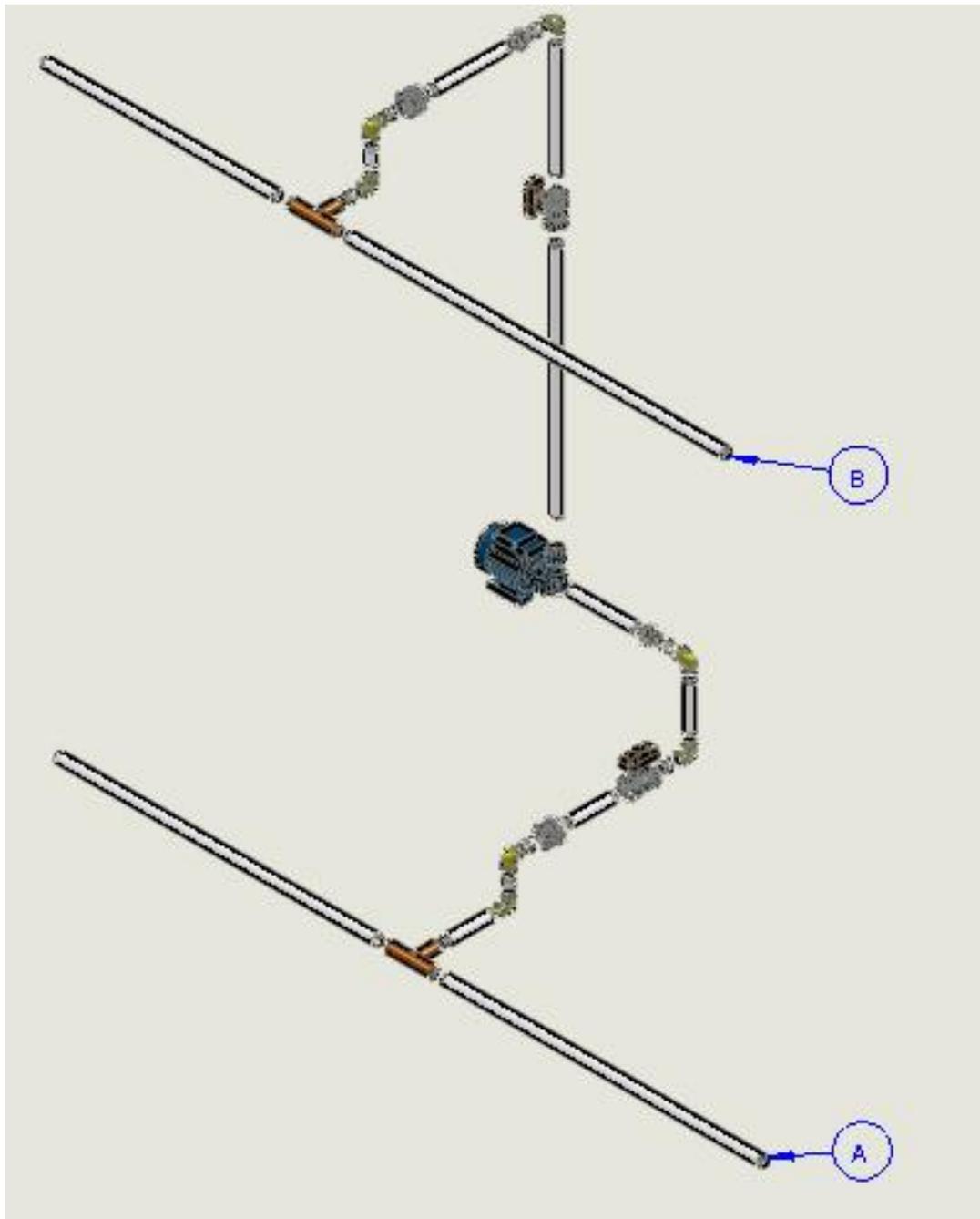
6.6.3.4 Cálculo de pérdidas por accesorios y tubería en la descarga (Valores de K Anexo 9)

Tabla 6.6 Cálculo de pérdidas por accesorios y tubería en la descarga

CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR ACCESORIOS Y TUBERÍAS EN LA DESCARGA							
# DE ACCESORIOS 1in	Le/D	L/D	F	K	V <sup>2</sup> /2g	HL=K*(V <sup>2</sup> )/2g	
TUBERÍA 0,80 m		31,496063	0.0023	0,724409449	0,130612245	0,094616744	
VÁLVULA DE GLOBO	340		0.0023	7,82	0,130612245	1,021387755	
TUBERÍA 0,55 m		21,6535433	0.0023	0,498031496	0,130612245	0,065049012	
CODO 90	50		0.0023	1,15	0,130612245	0,150204082	
TUBERÍA DE 0,06 m		23,6220472	0.0023	0,543307087	0,130612245	0,070962558	
TUBERÍA DE 0,15 m (UNIV.)		5,90551181	0.0023	0,135826772	0,130612245	0,01774064	
TUBERÍA DE 0,06 m		2,36220472	0.0023	0,054330709	0,130612245	0,007096256	
TUBERÍA DE 0,02m		0,78740157	0.0023	0,018110236	0,130612245	0,002365419	
TUBERÍA DE 0,15m (BRIDA)		5,90551181	0.0023	0,135826772	0,130612245	0,01774064	
CODO 90	50		0.0023	1,15	0,130612245	0,150204082	
TUBERÍA DE 0,02m		0,78740157	0.0023	0,018110236	0,130612245	0,002365419	
CODO 90	50		0.0023	1,15	0,130612245	0,150204082	
TUBERÍA DE 0,01 m		0,39370079	0.0023	0,009055118	0,130612245	0,001182709	
TE	60		0.0023	1,38	0,130612245	0,180244898	
TUBERÍA DE 0,82 m		32,2834646	0.0023	0,742519685	0,130612245	0,096982163	
TUBERÍA DE 1,10 m		43,3070866	0.0023	0,996062992	0,130612245	0,130098023	
						P. ACCESORIOS	1,652244898
						P. TUBERÍAS	0,506199582
						P. TOTAL	2,15844448

### 6.6.3.5 Energía que entrega la bomba

Para encontrar la Energía que entrega la bomba se plantea la ecuación de Bernoulli en la figura 6.14 entre el punto A y B, tomando las siguientes consideraciones:



**Figura 6-14: Sistema de tubería**

**Fuente: Autor**

- Pérdidas de energía en la tubería y accesorios son menores.
- La presión en el punto A es cero debido a que está expuesta a la atmosfera.
- La presión en B es cero ya que es una corriente libre de fluido expuesta a la atmósfera.
- La velocidad en A es cero (ya que el fluido se encuentra en reposo).
- Se toma el nivel de referencia en el punto A.
- La velocidad en B es cero ya que el diámetro de la tubería es el mismo que el diámetro de la tubería en el punto B.

Con estas restricciones nos planteamos la ecuación 2.12, junto con las pérdidas de accesorios y tuberías tenemos:

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A - H_f - H_L + H_B = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B$$

Dónde:

- $P_A$  = Presión en el punto A [Pa].
- $P_B$  = Presión en el punto B [Pa].
- $V_A$  = Velocidad en el punto A.
- $V_B$  = Velocidad en el punto B.
- $Z_A$  = Nivel del punto A.
- $Z_B$  = Nivel del punto B.
- $H_f$  = Pérdidas por Fricción [m].
- $H_L$  = Pérdidas por Accesorios [m].
- $H_B$  = Energía que entrega la bomba [W].
- $\gamma$  = Peso específico del fluido.
- $g$  = Gravedad.

Con las consideraciones tomadas la ecuación 2.12 se reduce a la ecuación 6.10:

$$H_B = Z_B + H_{T1}$$

**Ecuación 6.10**

Remplazando tenemos:

$$H_T = H_{\text{succion}} + H_{\text{descarga}}$$

$$H_T = 2.16 + 2$$

$$H_B = 2\text{m} + 4.16\text{m}$$

$$H_B = 6.16\text{m}$$

### **Eficiencia de la bomba ( $\eta$ )**

Mediante la ecuación 6.11 se define la eficiencia de la bomba:

$$\eta = \frac{P_A}{P_{\text{bomba}}} \quad \text{Ecuación 6.11}$$

Dónde:

$\eta$  = Eficiencia de la bomba.

$P_A$  = Potencia transmitida al fluido [W].

$P_{\text{bomba}}$  = Potencia de entrada a la bomba [W].

Para el cálculo de la potencia transmitida al fluido utilizamos la siguiente ecuación 6.12:

$$P_A = H_B * \gamma * Q \quad \text{Ecuación 6.12}$$

Obtenemos la potencia transmitida remplazando los datos en la ecuación 6.12:

$$P_A = 6.16\text{m} * 9.8\text{KN/m}^3 * 6.3\text{e}^{-4}\text{m}^3/\text{s}$$

$$P_A = 38.03 \text{ watts}$$

El valor  $P_A$  es la potencia que necesita la bomba para elevar el fluido a dicha altura, como un Hp es igual a 745.7 W, solo utilizaremos una bomba de 0.5 HP que son en 372.85 W y entonces tenemos:

$$372.85 - 38.03 = 334.82 \text{ W}$$

Donde la eficiencia de la bomba en el sistema es calcula por la ecuación 6.11:

$$\eta = \frac{334.82}{372.85}$$

$$\eta = 0.898 \approx 0.9$$

$\eta = 0.90$  por lo que la eficiencia de la bomba en el sistema de acabados con cortina de agua es del 90%, que es una eficiencia muy alta.

#### **6.6.4 Cálculos mecánicos**

##### **6.6.4.1 Análisis de la estructura**

Para el análisis de la estructura metálica del sistema de acabados vamos a calcularlo por medio de la fuerza a la que va a estar sometida la estructura.

Esta se obtendrá por medio del peso del agua que estará en el sistema, es decir en los tanques de succión como de descarga y se lo dividirá en tres partes, tanque de succión, tanque de descarga, paredes laterales.

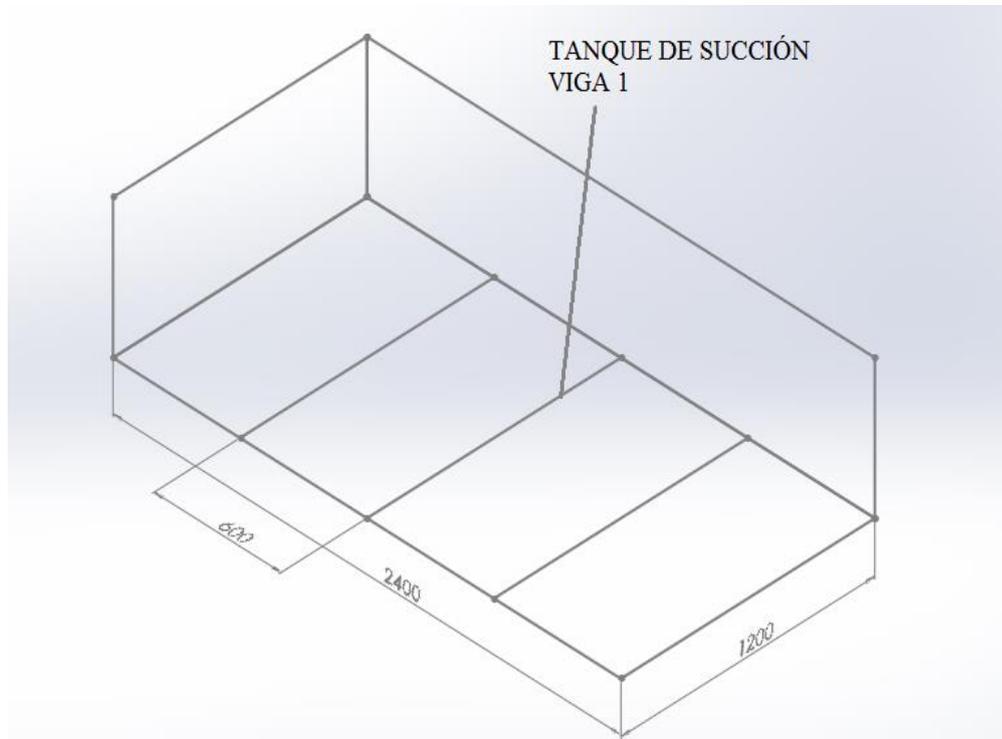
##### **6.6.4.2 Tanque de succión**

El tanque de succión está construido por tubo cuadrado de 20 \* 2mm, pletina de 20\*3mm y ángulo de 1 \* 1 \* 1/8.

Los mismos que serán soportarán todas las cargas de la cámara como se muestra en la figura 6.15 y 6.16, donde se detallan las medidas que va a tener este tanque, que se han tomado en cuenta debido al espacio físico que posee la Institución a la cual esta dirigido este sistema.



Con las medidas especificadas para el tanque, el elemento 1 en el piso de la estructura es como muestra la figura 6.17.



**Figura 6-17:** Viga 1 de Pletina de 20 \* 3

**Fuente:** Autor

La presión existente en el fondo del tanque es igual a la presión del fluido más la presión atmosférica.

Para el cálculo de la presión del fluido en el fondo de tanque aplicamos el principio de Pascal que se encuentra en la ecuación 6.5.

El valor del peso específico se tomó de la tabla de las propiedades del agua Anexo 12.

$$P_{\text{fluido}} = 5.89 \text{Kpa}$$

Con el valor de la presión del fluido más la presión atmosférica obtenemos la presión total del tanque con la ecuación 6.6. La presión atmosférica en la ciudad de Tena es de 1012.8 Pa.

$$P_{\text{tanque}} = 5.89 \text{kpa} + 1.0128 \text{kpa}$$

$$P_{\text{tanque}} = 6.90\text{kpa}$$

Con los datos obtenidos y mediante la ecuación 6.13 (anchos cooperantes) procedemos al diseño de la viga inferior del tanque suponiendo que la misma está sujeta en sus extremos por apoyos y teniendo las siguientes reacciones [3]:

$$q = P \cdot s$$

**Ecuación 6.13**

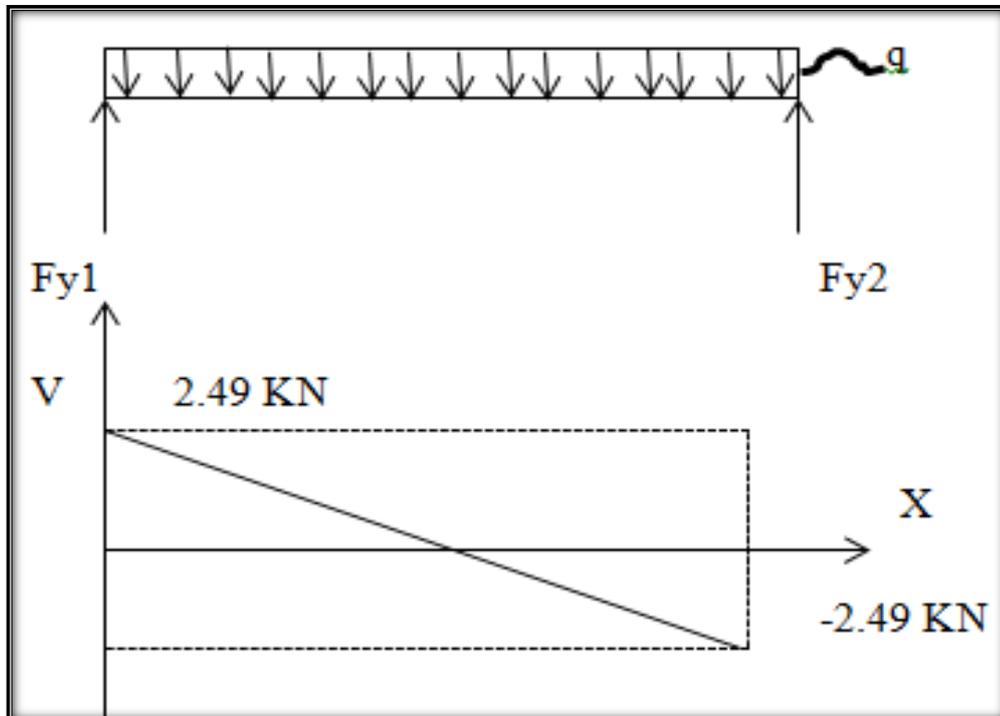
Dónde:

s = distancia entre las vigas a estudiarse[m] (figura 6.17).

$$q = 6.90\text{Kpa} * 0.60\text{m}$$

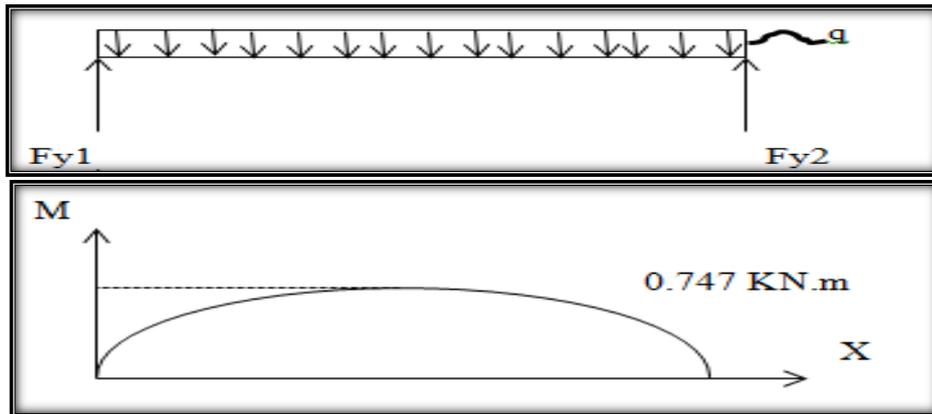
$$q = 4.152 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

Dejando el diagrama de cortantes como de momentos de la siguiente forma figura 6.18.



**Figura 6-18: Diagrama de cortante**

**Fuente: Autor**



**Figura 6-19: Diagrama de momentos y cortante**

**Fuente: Autor**

Para el caso de una carga uniformemente distribuida, tratamos la misma como que fuese una carga puntual multiplicando su valor por la longitud de la viga tenemos la ecuación 6.14.

$$F = q * l \quad \text{Ecuación 6.14}$$

Con  $l = 1.20 \text{ m}$

$$F = 4.98 \text{ KN}$$

Para el diagrama de Cortante se realiza la sumatoria de fuerzas en Y, por lo tanto, tenemos siguiente la ecuación 6.15 [6]:

$$\Sigma F_y = 0 \quad \text{Ecuación 6.15}$$

Suponiendo que el signo es positivo cuando la fuerza esta hacia arriba:

$$F_{y1} + F_{y2} - F = 0$$

Como el sistema se mantiene en equilibrio podemos decir que:

$$F_{y1} = \frac{1}{2} F = F_{y2}$$

Entonces tenemos que  $F_{y1} = 2.49 \text{ KN} = F_{y2}$ .

Entonces  $V = F_{y1} = F_{y2}$

Para el momento máximo de una viga en sus extremos con apoyos y con carga uniformemente distribuida tenemos la ecuación 6.16:

$$M_{\max} = \frac{qL^2}{8} \quad \text{Ecuación 6.16}$$

Siendo  $l$  = longitud de la viga, y reemplazando en la ecuación 6.16 se obtiene:

$$M_{\max} = 0.747 \text{ KN.m}$$

### **Esfuerzo Normal**

De la ecuación 2.17, 2.18, 2.21 tenemos el  $W$  para una sección rectangular:

$$\sigma = \frac{M_{\max} \cdot C}{I} \quad \text{Ó} \quad \sigma = \frac{M_{\max}}{W}$$

$$W = 3.125e^{-7} \text{ m}^3$$

Por lo tanto reemplazando en la ecuación 2.17.

$$\sigma = 239040 \text{ Kpa} = 239.04 \text{ Mpa}$$

Para una pletina de acero A36 del Anexo 15 tenemos un  $S_y = 248 \text{ Mpa}$

### **Factor de seguridad**

Viene dado por la ecuación 6.17:

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad \text{Ecuación 6.17}$$

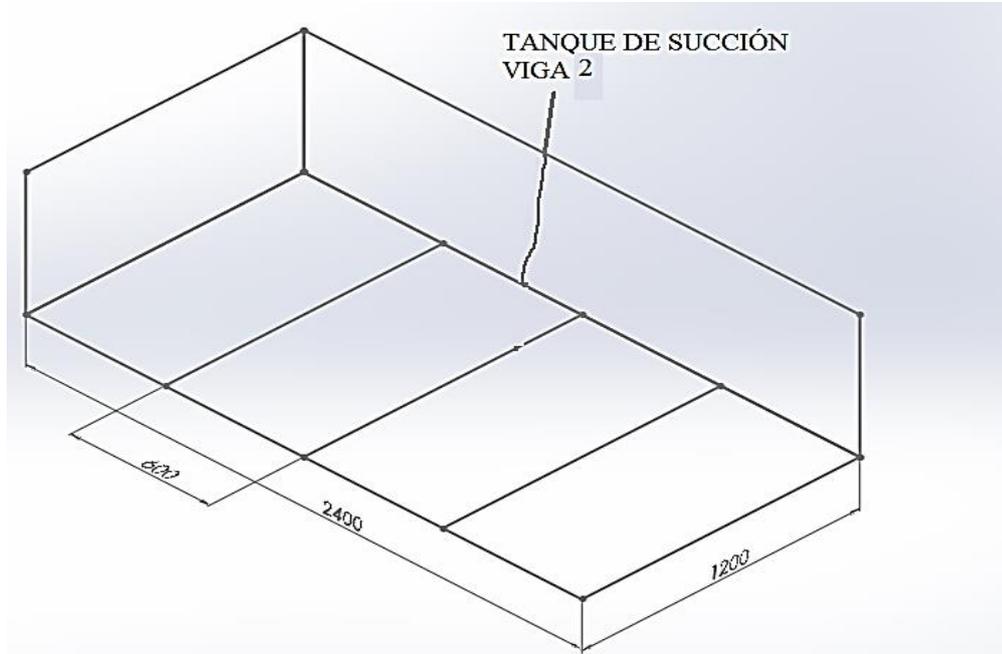
$$n = \frac{248}{239.04}$$

$$n = 1.04$$

A pesar de que el factor de seguridad es bajo el elemento está bien diseñado, ya que esta parte de la estructura estará junto al piso por lo que su función es más para motivos de traslado del tanque cuando el mismo está vacío.

### 6.6.4.3 Elemento Inferior de la estructura (pórtico)

En la figura 6.20 se muestra la viga 2 Ángulo (1 \* 1 \* 1/8) in.



**Figura 6-20: Viga 2 ángulo (1 \* 1 \* 1/8) in.**

**Fuente: Autor**

Suponemos que es un pórtico rectangular de lados conocidos, solicitado por carga distribuida interior que es normal a las paredes, para esto dividimos el pórtico en vigas por secciones trazadas en los nudos, y debido a que el pórtico es simétrico resulta suficiente analizar las 2 vigas a las que denominaremos AB y BC, las cuales se las puede interpretar como apoyadas en los extremos y considerarlas solicitadas por cargas distribuidas uniformemente. Debido a que los ángulos deberán permanecer rectos como se muestra en la figura 6.20 podemos escribir el método de comparación de los desplazamientos tanto para  $\theta_{B1}$  y  $\theta_{B2}$  teniendo las ecuaciones 6.18 y .19 respectivamente:

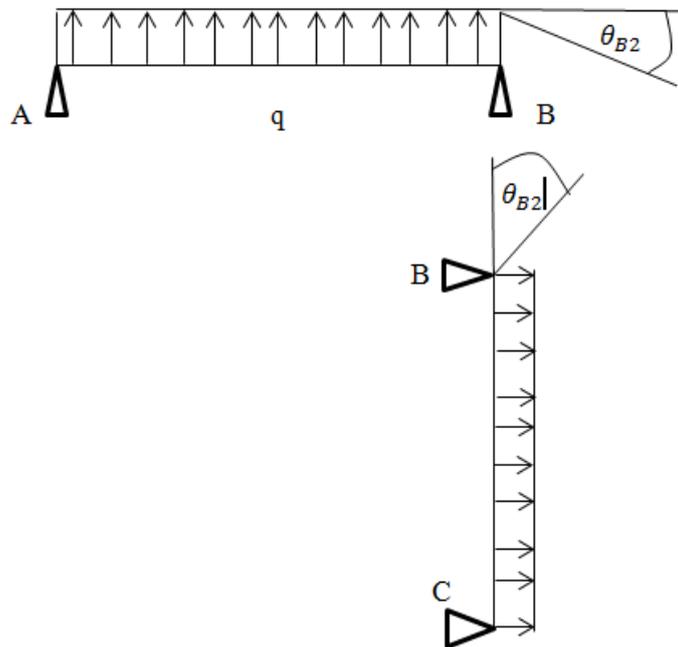
$$\theta_{B1} = \frac{qa^3}{24EI} - \frac{M_{oa}}{2EI} \quad \text{Ecuación 6.18}$$

$$\theta_{B2} = \frac{M_{ob}}{2EI} - \frac{qa^3}{24EI} \quad \text{Ecuación 6.19}$$

De esta comparación entre la ecuación 6.18 y 6.19 podemos obtener  $M_o$  que esta expresado por la ecuación 6.20 que es para el momento máximo para pórticos simétricos:

$$M_o = \frac{q}{12}(a^2 - ab + b^2) \quad \text{Ecuación 6.20}$$

Diagrama de un pórtico simétrico con cargas distribuidas uniformemente (Figura 6.21).



**Figura 6-21: Diagrama de un pórtico simétrico con cargas distribuidas uniformemente.**

**Fuente: Autor**

Para la carga distribuida utilizamos el criterio de los anchos cooperantes, ecuación 6.13 que es:

$$q = 6.92\text{Kpa} * 0.2\text{m}$$

$$q = 1.40 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

Así por la ecuación 6.20 tenemos que el momento máximo es:

$$M_o = \frac{1.4\text{KN}}{12\text{m}} (2.4^2 - 2.4 * 1.2 + 1.2^2)$$

$$M_o = 0.504\text{KN.m}$$

### Esfuerzo Normal

De la ecuación 2.18 y del anexo 7 el  $W = 0.51\text{cm}^3 = 5.1e^{-7}\text{m}^3$

$$\sigma = \frac{0.504}{5.1e^{-7}}$$

$$\sigma = 98823.529 \text{ Kpa} = 98.823 \text{ Mpa}$$

Para un ángulo de acero A36 tenemos un  $S_y = 248 \text{ Mpa}$ .

### Factor de seguridad

Por lo tanto de la ecuación 6.17 tenemos:

$$n = \frac{248 \text{ Mpa}}{98.832}$$

$$n = 2.51$$

El elemento es lo suficientemente fuerte para esta carga.

#### 6.6.4.4 Elemento tercero (intermedio) de la estructura

En la figura 6.14 tenemos la viga 3 que es de tubo cuadrado de  $20 * 20 * 2$

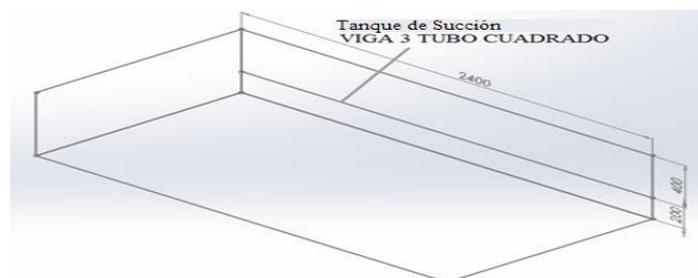


Figura 6-22: Viga 3 tubo cuadrado de  $20 * 20 * 2$

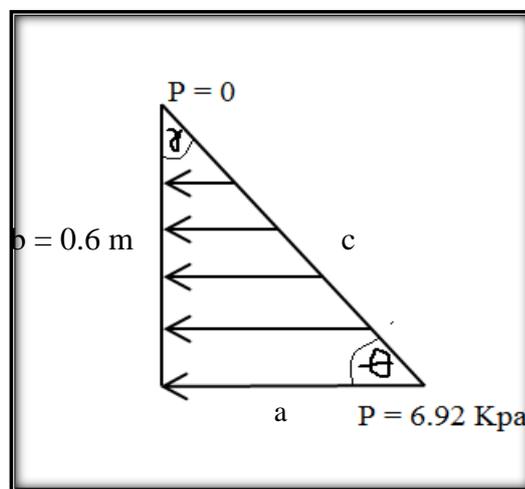
Fuente: Autor

Se supone que de igual manera está conectado por nodos, así las reacciones que tenemos en este elemento son las mismas que el elemento anterior.

La presión hidráulica cambiará ya que este elemento está a 20cm de la presión máxima calculada que es de:

$$P_{\text{tanque}} = 6.92 \text{Kpa}$$

Para hallar la nueva presión se aplica el criterio de compuertas y se realiza el siguiente cálculo y su respectiva figura es la 6.23.



**Figura 6-23: Criterio de compuertas.**

**Fuente: Autor**

Con el teorema de Pitágoras como se muestra en la ecuación 6.21 obtenemos la hipotenusa del triángulo el cual nos va a ayudar a conseguir las demás presiones a distintas alturas:

$$a^2 + b^2 = c^2$$

**Ecuación 6.21**

Entonces con la ecuación 6.21 tenemos que:

$$c = 6.98$$

Para los ángulos utilizamos trigonometría con la ecuación 6.22 así:

$$\sin\theta = \frac{b}{c} \qquad \text{Ecuación 6.22}$$

De la ecuación 6.22 se tiene:

$$\theta = 4.93^\circ$$

La suma de los ángulos internos es  $180^\circ$  y como es un triángulo rectángulo tenemos ya  $94.96^\circ$  por lo tanto el ángulo restante es  $85.07^\circ$ .

Una vez con todos los datos del triángulo y por similitud de ángulos procedemos a calcular la presión a 20 cm del fondo del tanque, por medio de la ley de los senos en la ecuación 6.23:

$$\frac{\sin(\theta)}{b} = \frac{\sin(\gamma)}{a} \qquad \text{Ecuación 6.23}$$

Por lo tanto  $a = P$  en 20 cm desde el fondo del tanque tenemos P:

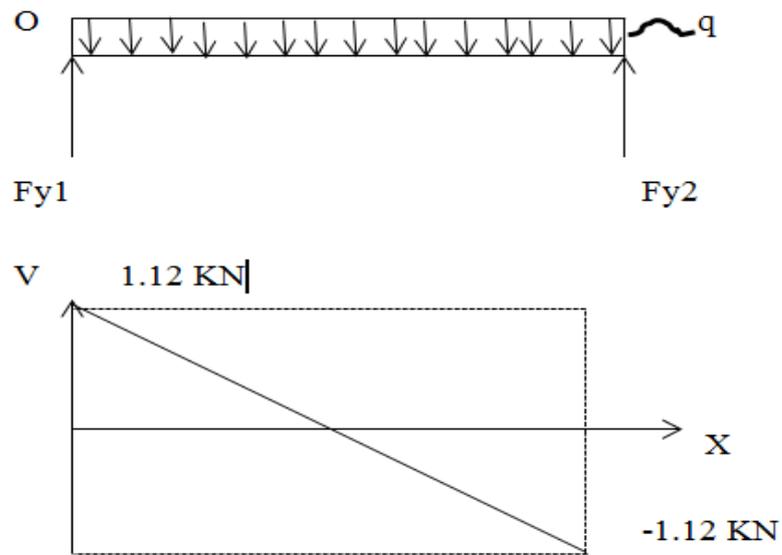
$$P = 4.64 \text{ Kpa}$$

Con los datos obtenidos y por medio del criterio de los anchos Cooperantes ecuación 6.13 se procede al diseño de la viga intermedia del tanque:

$$q = 4.64 \text{ Kpa} * 0.2\text{m}$$

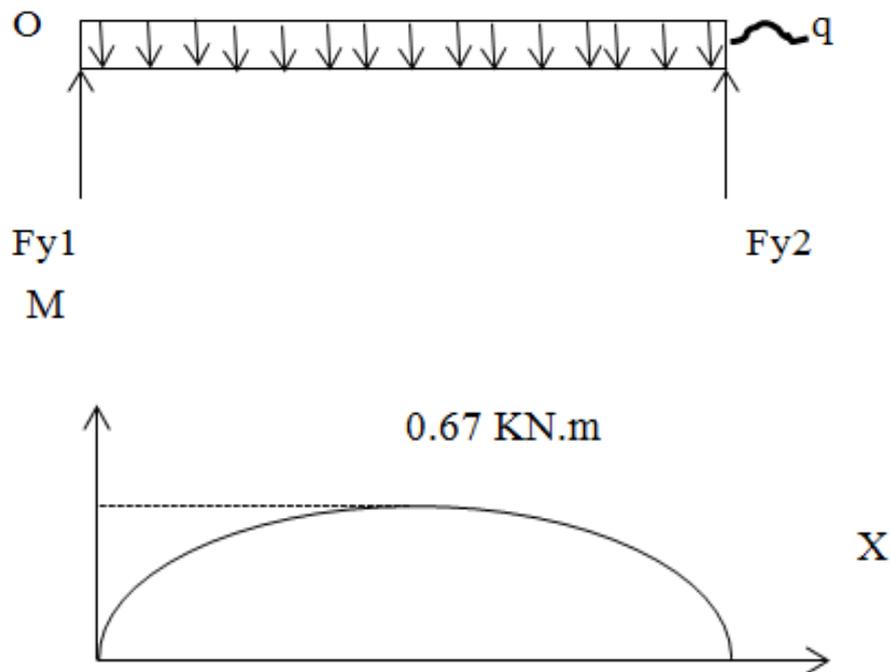
$$q = 0.93 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

Dejando el diagrama de momentos y cortante como se muestra en la figura 6.24:



**Figura 6-24: Diagrama de corte**

Fuente: Autor



**Figura 6-25: Diagrama de Momento Flector Máximo**

Fuente: Autor

Para el diagrama de Cortante se utilizan las siguientes ecuaciones 6.14 y 6.15.

Con las mismas condiciones anteriores tenemos:

$$F_{y1} = \frac{1}{2}F = F_{y2}$$

Entonces tenemos que  $F_{y1} = 1.12 \text{ KN} = F_{y2}$ .

Para el momento máximo de una viga en sus extremos con apoyos utilizamos la ecuación 6.16 y tenemos:

$$M_{\max} = \frac{0.93 * 2.4^2}{8}$$

$$M_{\max} = 0.67 \text{ KN.m}$$

### **Esfuerzo Normal**

De la ecuación 2.18 y en los (Anexos 1 y 4) el  $W$  es  $0.69 \text{ cm}^3 = 6.9e^{-7} \text{ m}^3$

$$\sigma = 97101.449 \text{ Kpa} = 97.101 \text{ Mpa}$$

Para un tubo cuadrado galvanizado 500 grado B del Anexo 14 tenemos un  $S_y = 317 \text{ Mpa}$ .

### **Factor de seguridad**

Por lo tanto de la ecuación 6.20 se tiene:

$$n = \frac{317 \text{ Mpa}}{97.101}$$

$$n = 3.265$$

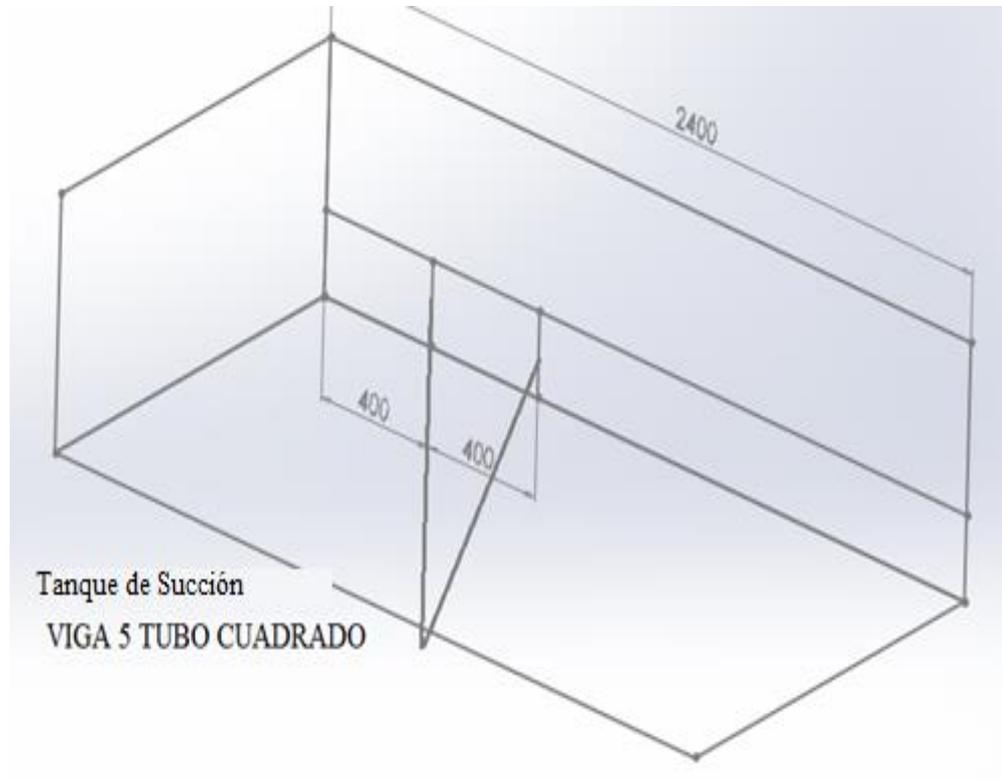
Por lo tanto el elemento es lo suficientemente fuerte para esta carga.

### **Elemento 4**

El elemento 4 posee las mismas características que el elemento 3, pero el mismo al estar en la parte superior del tanque de succión donde la presión ejercida por el agua es 0 ( $P = 0$ ), su cálculo en todas las instancias será 0 por lo que su función es netamente estética.

## Elemento 5

En la figura 6.26 tenemos la viga 5 tubo cuadrado 20 \* 2



**Figura 6-26: Viga 5 Tubo cuadrado 20 \* 2**

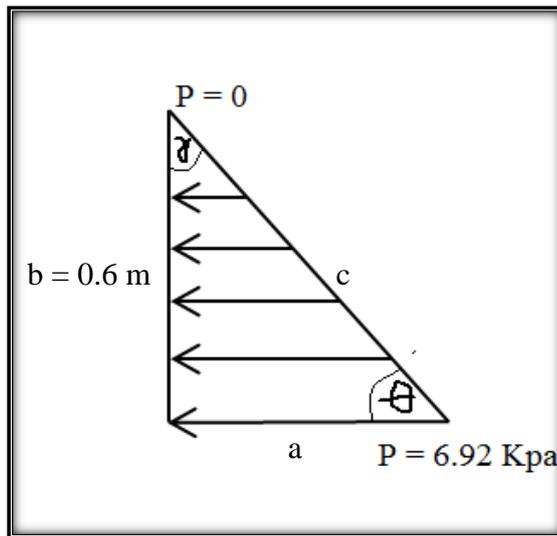
**Fuente: Autor**

Suponemos que este elemento de igual manera está conectado por apoyos, así las reacciones que tenemos en este son las mismas que en el caso anterior.

La presión hidráulica cambiará, ya que este elemento está a 20cm de la presión máxima calculada que es de:

$$P_{\text{tanque}} = 6.92\text{Kpa}$$

Para hallar la nueva presión aplicamos el criterio de compuertas y realizamos el siguiente cálculo figura 6.27.



**Figura 6-27: Criterio de compuertas**

**Fuente: Autor**

Con el teorema de Pitágoras de la ecuación 6.21 se obtiene la hipotenusa del triángulo, el cual va a ayudar a conseguir las demás presiones a distintas alturas:

Entonces con la ecuación 6.21 tenemos que:

$$c = 6.98$$

Para los ángulos, utilizamos trigonometría con la ecuación 6.22 :

$$\sin\theta = \frac{b}{c}$$

De la ecuación 6.22 tenemos:

$$\theta = 4.93^\circ$$

La suma de los ángulos internos es de  $180^\circ$  y como es un triángulo rectángulo tenemos  $94.96^\circ$  , por lo tanto el ángulo restante es  $85.07^\circ$ .

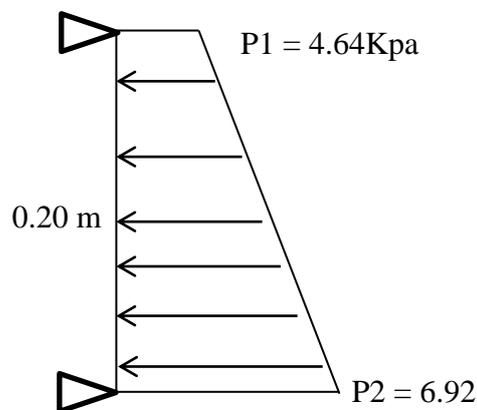
Una vez con todos los datos del triángulo y por similitud de ángulos se procede a calcular la presión a 20 cm del fondo del tanque, por medio de la ley de los senos mediante la ecuación 6.23:

Por lo tanto  $a = P$  en 20 cm desde el fondo del tanque tenemos P:

$$P = 4.64 \text{ Kpa}$$

La presión hidráulica cambiará a lo largo de este elemento, debido al triángulo que forman las presiones variando desde 0 a 20cm de la presión máxima calculada, como la que se muestra en la figura 6.28, es decir en la presión máxima P2 tenemos 6.92 Kpa y 20 cm después tenemos 4.64 Kpa en P1.

Viga cargada con presiones



**Figura 6-28: Viga cargada con presiones**

**Fuente: Autor**

Por el criterio de anchos cooperantes, ecuación 6.13, se puede analizar este elemento a presión como cargas distribuidas de esta manera:

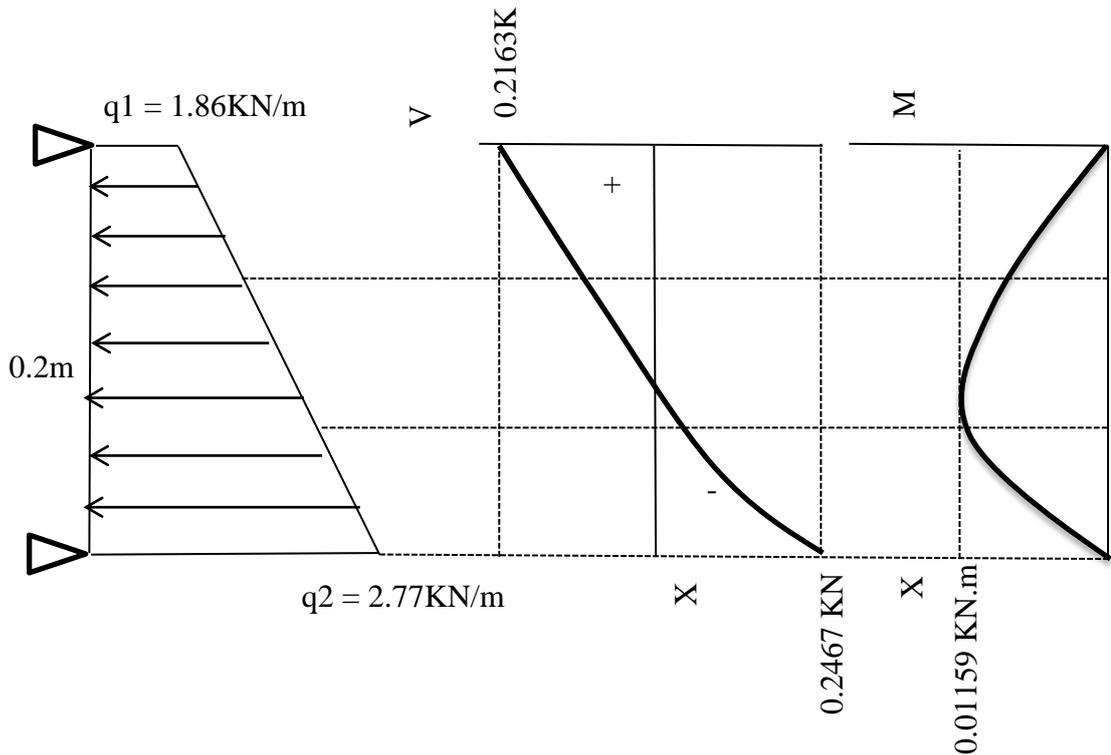
$$q_1 = 4.64 \text{ Kpa} * 0.40 \text{ m}$$

$$q_1 = 1.86 \text{ Kpa}$$

$$q_2 = 6.92 \text{ Kpa} * 0.40 \text{ m}$$

$$q_2 = 2.77 \text{ Kpa}$$

Por lo tanto la carga distribuida en el elemento es como se muestra en la figura 6.29:



**Figura 6-29: Carga Distribuida en forma Trapezoidal**

**Fuente: Autor**

Para realizar el diagrama de corte para este caso procedemos a dividir la carga trapezoidal en dos partes, una rectangular y una triangular.

Para el caso de una carga uniformemente distribuida, tratamos a la misma como una carga puntual multiplicando su valor por la longitud de la viga tenemos la ecuación 6.14 y con la ecuación 6.15 se obtiene las reacciones que son:

$$R_1 = 0.182 \text{ kN}$$

$$R_2 = 0.182 \text{ kN}$$

Y su momento flector máximo es como lo indica la ecuación 6.16:

$$M_{\max} = 9.3e^{-3} \text{ kN.m}$$

Y para la carga triangular supondremos que la carga es variable por unidad de longitud, aumentando linealmente desde 0 en el apoyo 1 hasta el valor de máximo de  $q_2$  en el apoyo 2, las cargas de  $q_2$  están sobre cada elemento diferencial de la viga y son un sistema de vectores paralelos cuya resultante es la carga P, que no es

más que el área bajo la recta que se forma con la viga y tiene por línea de acción  $2/3l$  y que para este caso se presenta como la ecuación 6.24 de la siguiente forma [6]:

$$F_2 = \frac{q_2 * l}{2} \quad \text{Ecuación 6.24}$$

Remplazando en la ecuación 6.24 se obtiene:

$$F_2 = \frac{2.77 \text{ KN} * 0.2\text{m}}{2\text{m}} = 0.277\text{KN}$$

Las condiciones de equilibrio las obtenemos al realizar las sumatorias de fuerzas verticales ecuación 6.25 y la sumatoria de momentos en el apoyo 2 de donde se tiene:

$$R_1 + R_2 - P = 0$$

$$R_1 * l - P * \frac{l}{3} = 0 \quad \text{Ecuación 6.25}$$

Del remplazo de la ecuación 6.14 y 6.25 tenemos las reacciones  $R_1$  y  $R_2$  que vienen dadas por las ecuaciones 6.26 y 6.27 así:

$$R_1 = \frac{q_2 * l}{6} \quad \text{Ecuación 6.26}$$

$$R_2 = \frac{q_2 * l}{3} \quad \text{Ecuación 6.27}$$

Remplazando en las ecuaciones 6.26 y 6.27 tenemos:

$$R_1 = 0.124\text{KN}$$

$$R_2 = -0.248\text{KN}$$

Con las reacciones obtenidas y para el momento máximo en este caso en particular se denota por la ecuación 6.28:

$$M_{\max} = \frac{q_2 l^2}{9\sqrt{3}} \quad \text{Ecuación 6.28}$$

### Esfuerzo Normal

De la ecuación 2.18 y en los Anexos 1 y 14  $W = 0.69 \text{ cm}^3 = 6.9e^{-7} \text{ m}^3$

$$\sigma = 67391.30 \text{ Kpa} = 67.391 \text{ Mpa}$$

Para un tubo cuadrado galvanizado 500 grado B tenemos un  $S_y = 317 \text{ Mpa}$

### Factor de seguridad

Por lo tanto de la ecuación 6.17 tenemos:

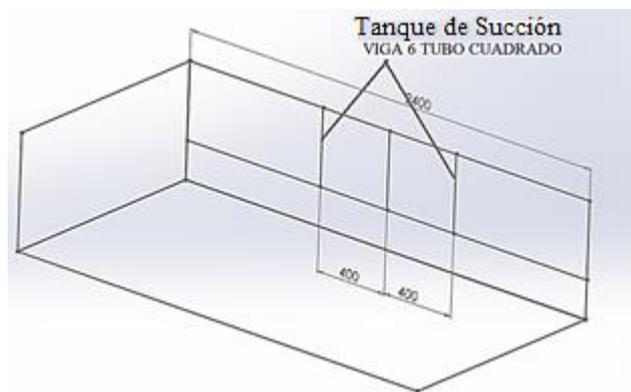
$$n = \frac{317 \text{ Mpa}}{67.391}$$

$$n = 4.7$$

El elemento es lo suficientemente resistente para esta carga.

### Elemento 6

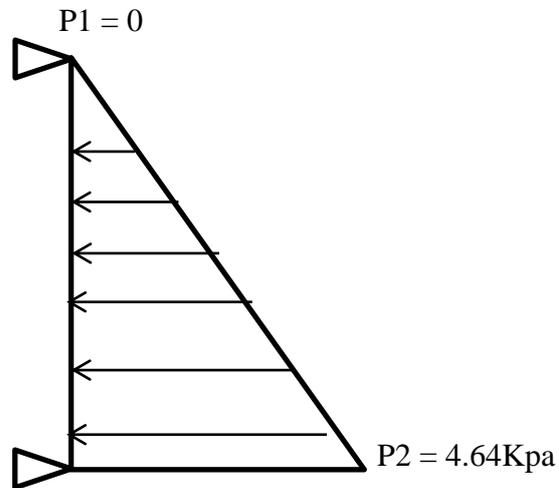
En la figura 6.30 tenemos la Viga 6 Tubo cuadrado 20 \* 2



**Figura 6-30: Viga 6 Tubo cuadrado 20 \* 2**

**Fuente: Autor**

El elemento 6 tiene una presión en forma triangular como lo muestra la figura 6.31.



**Figura 6-31: Presión en Forma Triangular**

**Fuente: Autor**

Por el criterio de anchos cooperantes (ecuación 6.13), se puede analizar este elemento a presión como cargas distribuidas de esta manera:

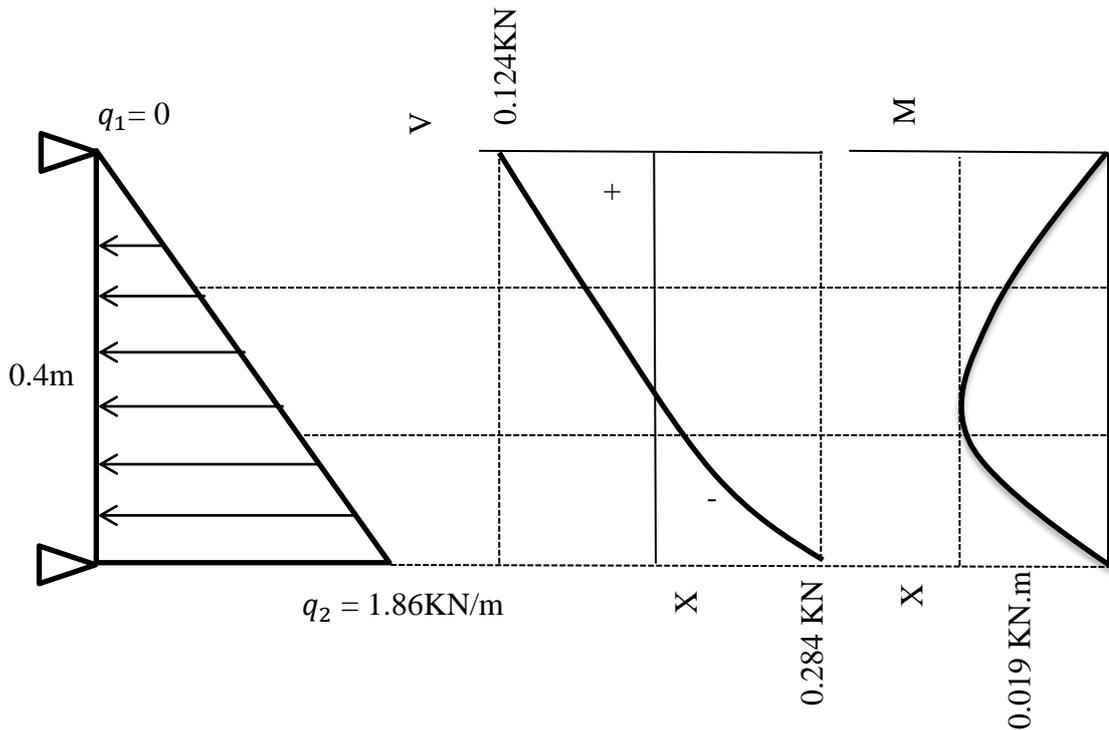
$$q_2 = 4.64 \text{ Kpa} * 0.40 \text{ m}$$

$$q_2 = 1.86 \text{ KN/m}$$

$$q_1 = 0 \text{ Kpa} * 0.40 \text{ m}$$

$$q_1 = 0 \text{ KN/m}$$

Por lo tanto la carga distribuida en el elemento es como se muestra en la figura 6.32.



**Figura 6-32: Viga con carga distribuida en forma triangular**

**Fuente: Autor**

Supondremos variable la carga por unidad de longitud aumentando linealmente desde 0 en el apoyo 1 hasta el valor de máximo de  $q_2$  en el apoyo 2, las cargas de  $q_2$  están sobre cada elemento diferencial de la viga y son un sistema de vectores paralelos cuya resultante es la carga  $P$ , que no es más que el área bajo la recta que se forma con la viga como se muestra en la figura 6.32 y tiene por línea de acción  $2/3l$  y que para este caso se presenta de la siguiente forma:

$$P = \frac{q_2 * l}{2} \quad \text{Ecuación 6.29}$$

Remplazando en la ecuación 6.29 se obtiene:

$$P = \frac{1.86 \text{ kN} * 0.4 \text{ m}}{2} = 0.372 \text{ kN}$$

Las condiciones de equilibrio se las obtiene al realizar las sumatorias de fuerzas verticales ecuación 6.15 y la sumatoria de momentos en 2 de donde tenemos:

$$R_1 + R_2 - P = 0$$

Remplazando las ecuaciones 6.14, 6.26 y 6.27 se tiene la R1 y R2 que son:

$$R_1 = 0.124\text{KN}$$

$$R_2 = -0.248\text{KN}$$

Por lo tanto con las reacciones obtenidas y con la ecuación 6.28 el momento máximo es:

$$M_{\max} = 0.0188\text{KN.m}$$

### **Esfuerzo Normal**

De la ecuación 2.18 y del Anexo 1 y 14, el W = es  $0.69 \text{ cm}^3 = 6.9e^{-7} \text{ m}^3$

$$\sigma = 27370.68 \text{ Kpa} = 27.37\text{Mpa}$$

Para un tubo cuadrado galvanizado 500 grado B tenemos un  $S_y = 317\text{Mpa}$

### **Factor de seguridad**

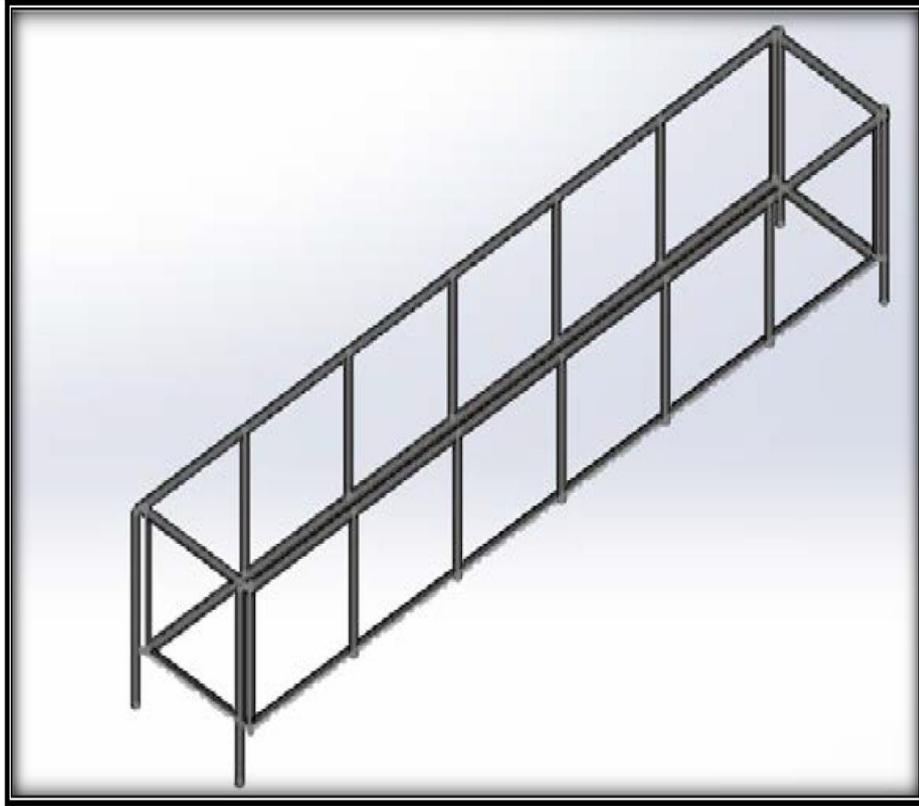
Por lo tanto de la ecuación 6.17 tenemos:

$$n = \frac{317\text{Mpa}}{27.37}$$

$$n = 11.58$$

#### **6.6.4.5 Tanque de descarga**

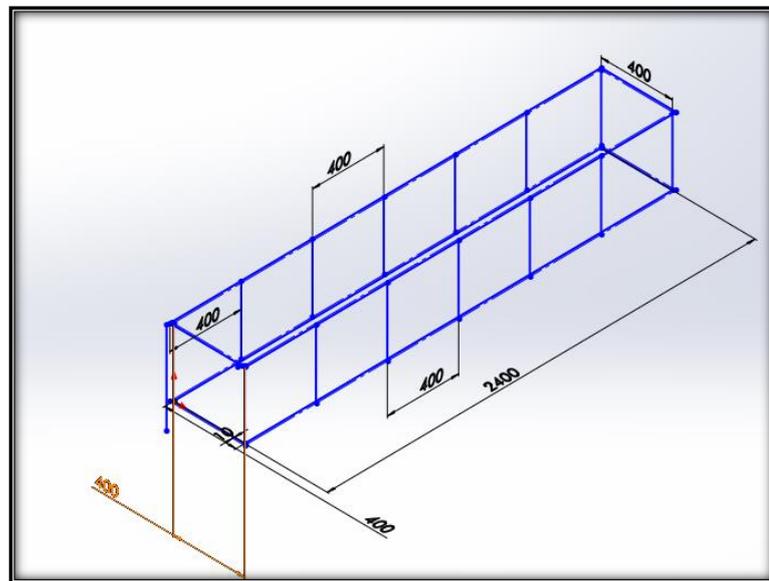
El tanque de descarga está construido por tubo cuadrado de 20\*2, pletina de 20\*3 y ángulo de 1\*1\*1/8. Los mismos que soportarán todas las cargas que la cámara como se muestra en la figura 6.33 y 6.34.



**Figura 6-33: Estructura del tanque de descarga.**

**Fuente: Autor**

Las medidas del tanque de descarga se muestran en la figura 6.34.

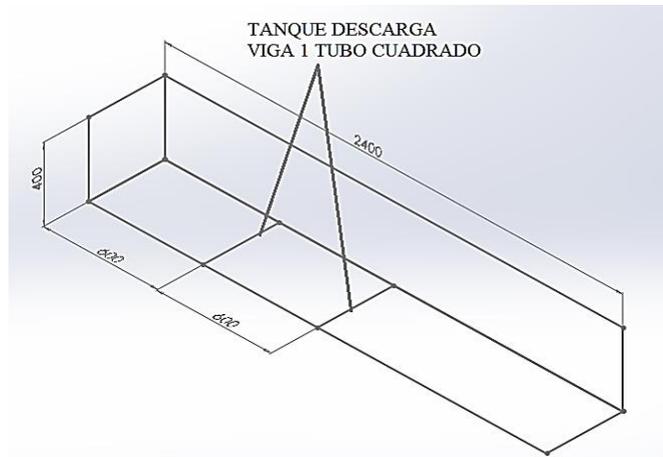


**Figura 6-34: Medidas del tanque de descarga**

**Fuente: Autor**

### Elemento 1 en el piso de la estructura de descarga

En la figura 6.35 se muestra la viga de tubo cuadrado 20 \* 2.



**Figura 6-35: Viga Tubo cuadrado 20 \* 2**

**Fuente:** Autor

La presión en el fondo del tanque esta dada por la ecuación 6.5 y 6.6

$$P_{\text{fluido}} = 9.81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} * 0.40$$

$$P_{\text{fluido}} = 3.924 \text{ Kpa}$$

La presión atmosférica en la ciudad de Tena es de 1012.8 Pa o 1.012 Kpa.

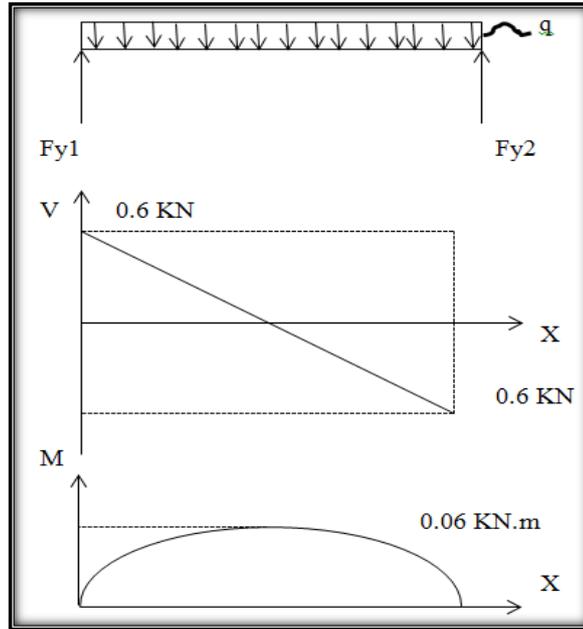
$$P_{\text{tanque}} = 4.96 \text{ Kpa}$$

Con los datos obtenidos y por medio del criterio de anchos Cooperantes, ecuación 6.13, procedemos al diseño de la viga inferior del tanque suponiendo que la misma está sujeta en sus extremos por apoyos:

$$q = 4.96 \text{ Kpa} * 0.60\text{m}$$

$$q = 2.97 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

Dejando el diagrama tanto de cortantes como de momentos de la siguiente forma en la figura 6.36:



**Figura 6-36: Diagrama de Cortante y Momento Flector Máximo**

**Fuente: Autor**

Para el diagrama de cortante tenemos de la ecuación 6.15

$$\Sigma Fy = 0$$

Y suponiendo que el signo es positivo cuando la fuerza esta hacia arriba:

$$Fy1 + Fy2 - F = 0$$

Como el sistema se mantiene en equilibrio podemos decir que

$$Fy1 = \frac{1}{2}F = Fy2$$

Entonces tenemos que  $Fy1 = 0.6 \text{ KN} = Fy2$ .

Entonces  $V = Fy1 = Fy2$

Para el momento máximo de una viga en sus extremos con pines tenemos en la ecuación 6.16.

$$M_{\max} = 0.06 \text{ KN.m}$$

### Esfuerzo Normal

De la ecuación 2.18 en los Anexos 1 y 14  $W = 0.69 \text{ cm}^3 = 6.9e^{-7} \text{ m}^3$  tenemos:

$$\sigma = 86086.96 \text{ Kpa} = 86.08696 \text{ Mpa}$$

Para un tubo cuadrado A 500 grado B tenemos un  $S_y = 317 \text{ Mpa}$

### Factor de seguridad

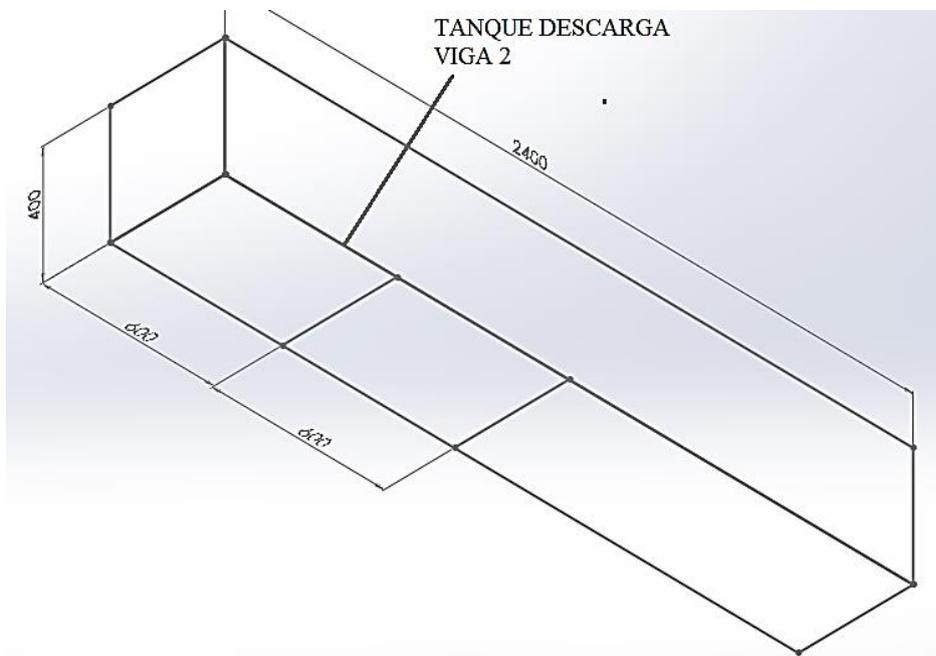
Viene dado por la ecuación 6.17:

$$n = 3.68$$

El elemento es lo suficientemente fuerte para esta carga

### Elemento Inferior de la estructura (pórtico)

En la figura 6.29 se muestra la viga 2 Ángulo (1\*1\*1/8) in.



**Figura 6-37: Viga 2 Ángulo (1 \* 1 \* 1/8) in**

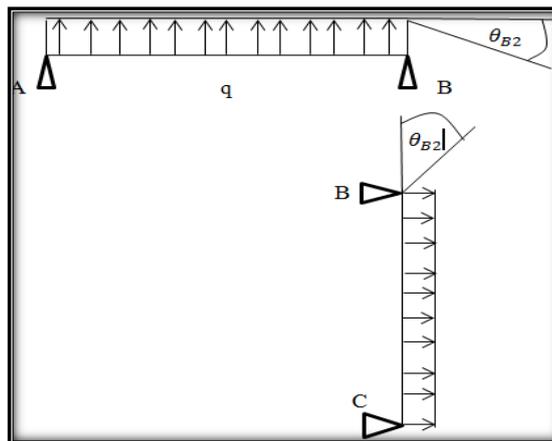
**Fuente: Autor**

Suponiendo que es un pórtico rectangular de lados conocidos, solicitado por carga distribuida interior que es normal a las paredes, se divide el pórtico en vigas por secciones trazadas en los nudos, y debido a que el pórtico es simétrico resulta suficiente analizar las 2 vigas a las que denominan AB y BC, a las cuales se las interpreta como apoyadas en los extremos y considerarlas solicitadas por cargas distribuidas uniformes. Debido a que los ángulos deberán permanecer rectos como se muestra en la figura 6.38 podemos escribir que la igualdad de  $\theta_{B1}$  y  $\theta_{B2}$  es:

$$M_o = \frac{q}{12}(a^2 - ab + b^2)$$

Para el momento máximo para pórticos simétricos.

El diagrama de un pórtico simétrico con cargas distribuidas uniformemente se muestra en la figura 6.38.



**Figura 6-38: Diagrama de un pórtico**

**Fuente: Autor**

Para la carga distribuida utilizamos el criterio de los anchos cooperantes, ecuación 6.13, que es:

$$q = 4.96\text{Kpa} * 0.2\text{m}$$

$$q = 0.99 \approx 1 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

Así por la ecuación 6.20 tenemos que el momento máximo es:

$$M_o = \frac{1\text{KN}}{12\text{m}} (2.4^2 - 2.4 * 0.4 + 0.4^2)$$

$$M_o = 0.413\text{KN.m}$$

### Esfuerzo Normal

De la ecuación 2.18 y del anexo 7 y 14 el  $W = 0.51\text{cm}^3 = 5.1e^{-7}\text{m}^3$

$$\sigma = \frac{0.413}{5.1e^{-7}}$$

$$\sigma = 80980.392\text{Kpa} = 80.980 \text{Mpa}$$

Para un ángulo de acero A36 tenemos un  $S_y = 248\text{Mpa}$

### Factor de seguridad

Por lo tanto de la ecuación 6.17 tenemos:

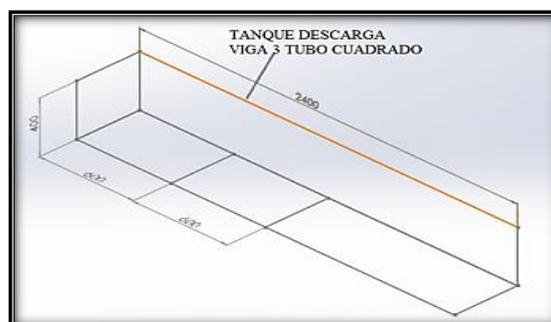
$$n = \frac{248 \text{Mpa}}{80.980}$$

$$n = 3.06$$

El elemento es lo suficientemente fuerte para esta carga.

### Elemento tercero de la estructura

La figura 6.39 nos muestra la viga 3 Tubo cuadrado de 20 \* 20 \* 2



**Figura 6-39: Tubo cuadrado de 20 \* 20 \* 2**

**Fuente: Autor**

El elemento 3 posee las mismas características que el elemento 2, pero el mismo al estar en la parte superior del tanque de succión donde la presión ejercida por el agua es 0 ( $P = 0$ ), su cálculo en todas las instancias será 0 por lo que su función es netamente estética.

#### Elemento 4

La figura 6.40 nos muestra la viga 4 de tubo cuadrado 20 \* 2

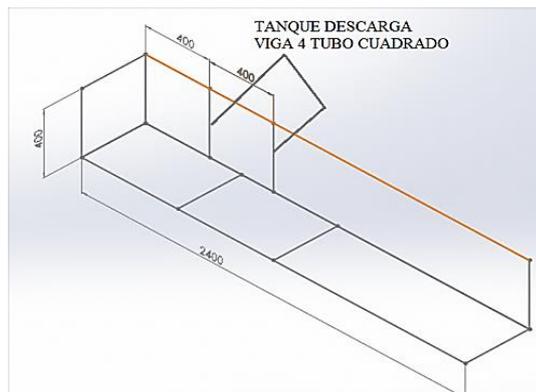


Figura 6-40: Tubo cuadrado 20 \* 2

Fuente: Autor

La figura 6.41 nos muestra la viga 4 cargada con presiones.

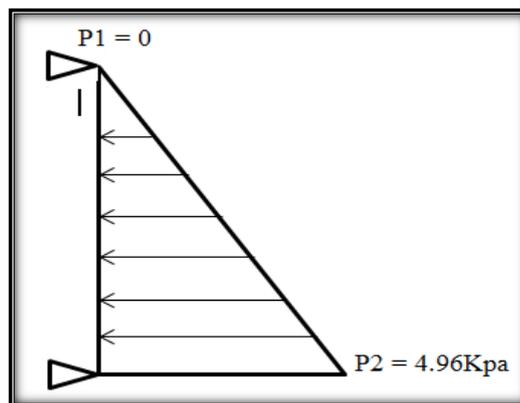


Figura 6-41: Viga cargada con presiones

Fuente: Autor

Por el criterio de anchos cooperantes, ecuación 6.13, podemos analizar este elemento a presión como cargas distribuidas de esta manera:

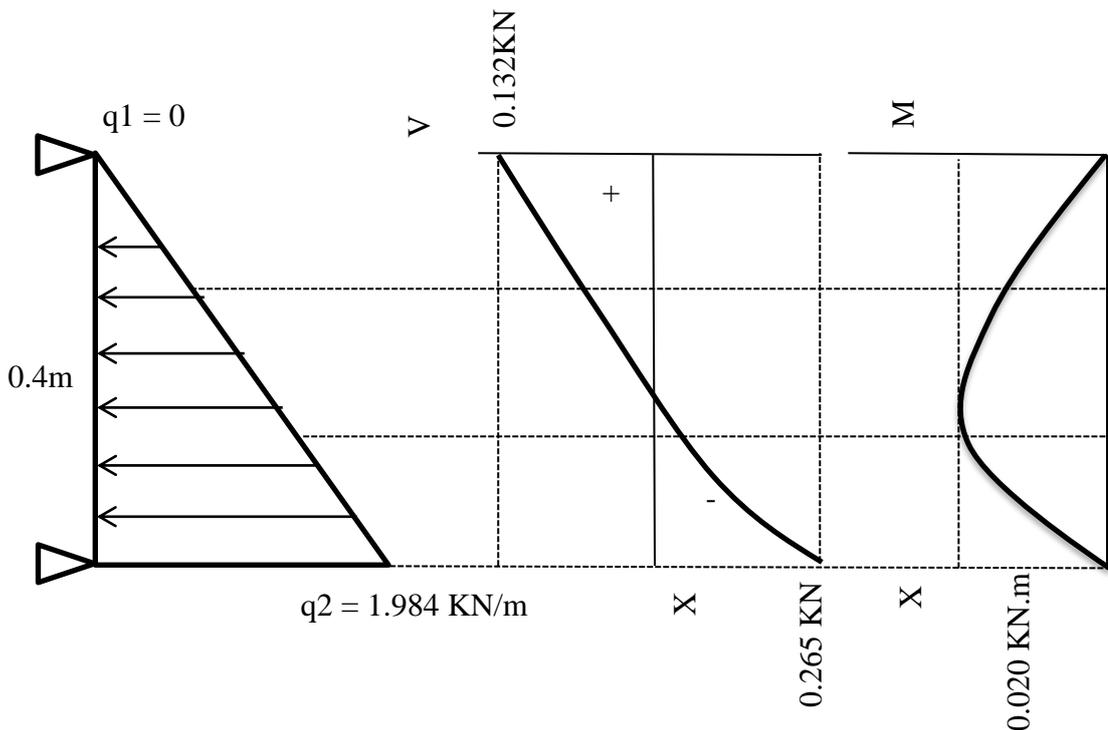
$$q_2 = 4.96\text{Kpa} * 0.40\text{m}$$

$$q_2 = 1.984\text{Kpa}$$

$$q_1 = 0\text{ Kpa} * 0.40\text{m}$$

$$q_1 = 0\text{Kpa}$$

Por lo tanto la carga distribuida en el elemento es:



**Figura 6-42: Viga con carga en forma triangular**

**Fuente: Autor**

Para los cálculos suponemos que la carga por unidad de longitud va aumentando linealmente desde 0 en el apoyo hasta el valor de máximo de  $q_2$  en el apoyo 2, las cargas de  $q_2$  están sobre cada elemento diferencial de la viga y son un sistema de vectores paralelos cuya resultante es la carga  $P$ , que no es más que el área bajo la recta que se forma con la viga como se muestra en la figura 6.42 y tiene por línea de acción  $2/3l$  y que para este caso se presenta en la forma de la ecuación 6.29 y obtenemos:

$$P = \frac{1.984\text{KN} * 0.4\text{m}}{2\text{m}} = 0.397\text{KN}$$

Las condiciones de equilibrio las obtenemos de realizar las sumatorias de fuerzas verticales y la sumatoria de momentos en el apoyo 2, por lo que las reacciones son tomadas de las ecuaciones 6.26 y 6.29 de donde tenemos:

$$R_1 = 0.132\text{KN}$$

$$R_2 = -0.265\text{KN}$$

Con las reacciones obtenidas tenemos el momento máximo de la ecuación 6.28 es:

$$M_{\text{max}} = 0.020\text{KN.m}$$

### **Esfuerzo Normal**

De la ecuación 2.18 y el Anexo 1 y 14 el  $W$  es  $0.69 \text{ cm}^3 = 6.9 \times 10^{-7} \text{ m}^3$

$$\sigma = 29512.733 \text{ Kpa} = 29.512\text{Mpa}$$

Para un tubo cuadrado galvanizado 500 grado B tenemos un  $S_y = 317\text{Mpa}$

### **Factor de seguridad**

Por lo tanto de la ecuación 6.20 tenemos:

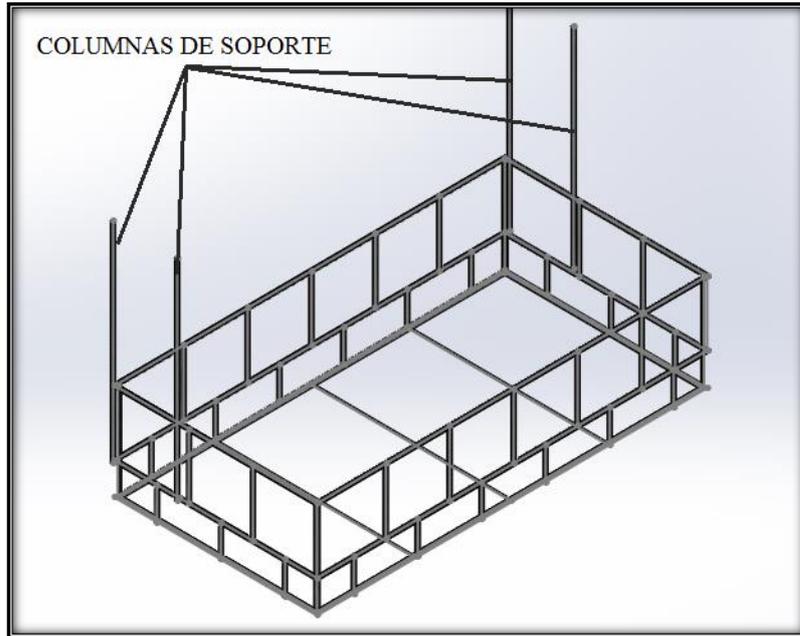
$$n = \frac{317\text{Mpa}}{29.512}$$

$$n = 10.74$$

El elemento es lo suficientemente fuerte para esta carga

### **6.6.4.6 Cálculo de la estructura de soporte para el tanque de descarga**

La figura 6.43 nos muestra las columnas de soporte



**Figura 6-43: Columnas de soporte**

**Fuente: Autor**

Para calcular las columnas que soportarán el tanque de descarga procedemos a calcular el peso tanto del agua como de la estructura de tanque de descarga la misma que estará soldada al tanque de succión y decimos que las mismas están empotradas como muestra el anexo 10 caso A, además que está de acuerdo con el Anexo 2 en el cual nos indica que es apropiado el uso de tubo cuadrado para que sea tratado como columnas.

Por lo tanto tenemos, el peso del tubo cuadrado galvanizado del Anexo 3 y 5 es de 13.45Kg por cada 6m, la estructura de descarga por las medidas dadas posee 8.8 metros lineales de tubería cuadrada entonces con una regla de tres simple el peso total de la estructura en tubo cuadrado es de 19.73 kg, además la estructura posee ángulos con una medida de 5.6 metros lineales y del anexo sabemos que este ángulo pesa 2.455 kg/m por lo tanto el peso total del ángulo es de 13.75 kg.

Para el peso del agua calculamos el volumen del tanque de descarga con la ecuación 6.7 que es:

$$V = 2.4 * 0.4 * 0.4$$

$$V = 0.384\text{m}^3$$

Entonces sabemos que  $1\text{m}^3$  posee 1000 litros por lo tanto tenemos 384 litros o también se lo puede expresar por medio de Kgf.

El peso del tanque completo es la suma de todas las masas por la gravedad como lo señala la ecuación 6.30 así:

$$w = m * g \qquad \text{Ecuación 6.30}$$

Dónde:

w = peso [N].

m = masa [Kg].

g = aceleración de la gravedad.

$$m = (384 + 13.75 + 19.73)\text{kg}$$

$$m = 417.48 \text{ kg}$$

De la ecuación 6.30 tenemos:

$$w = 417.48 * 9.8$$

$$w = 4091.304 \text{ N} = 4.09\text{KN}$$

A este peso se le va a añadir un factor de seguridad el cual representará la acción que el viento ocasionará a la estructura, este factor será del 20% del peso por lo tanto  $w = 4909.56 \text{ N}$ .

Como son 4 las columnas que van a soportar este peso, esta total es dividido por 4 teniendo:

$$w = 1227.39 \text{ N por cada columna}$$

Aplicando las ecuaciones ASD las cuales dan diseños bastante económicos para todos los intervalos de relación de esbeltez, el ASD supone que debido a los esfuerzos residuales, el límite superior al pandeo elástico está definido por un esfuerzo promedio igual a la mitad del esfuerzo de fluencia  $\frac{1}{2} F_y$ . A este valor se

lo denomina  $C_c$ , que corresponde a la relación de esbeltez que separa el pandeo elástico del inelástico y es [6]:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \quad \text{Ecuación 6.31}$$

Los valores de  $C_c$  se los calcula fácilmente, y la ASD da sus propios valores para cada acero desde el A36 hasta aceros con  $42000 \frac{lb}{pulg^2}$  de esfuerzo de fluencia, para relaciones de esbeltez menores que  $C_c$  se propone la siguiente ecuación en la cual  $F_a$  es el esfuerzo axial permisible y  $K$  es un factor por el que hay que multiplicar la longitud no soportada lateralmente de la columna para para obtener su longitud efectiva así:

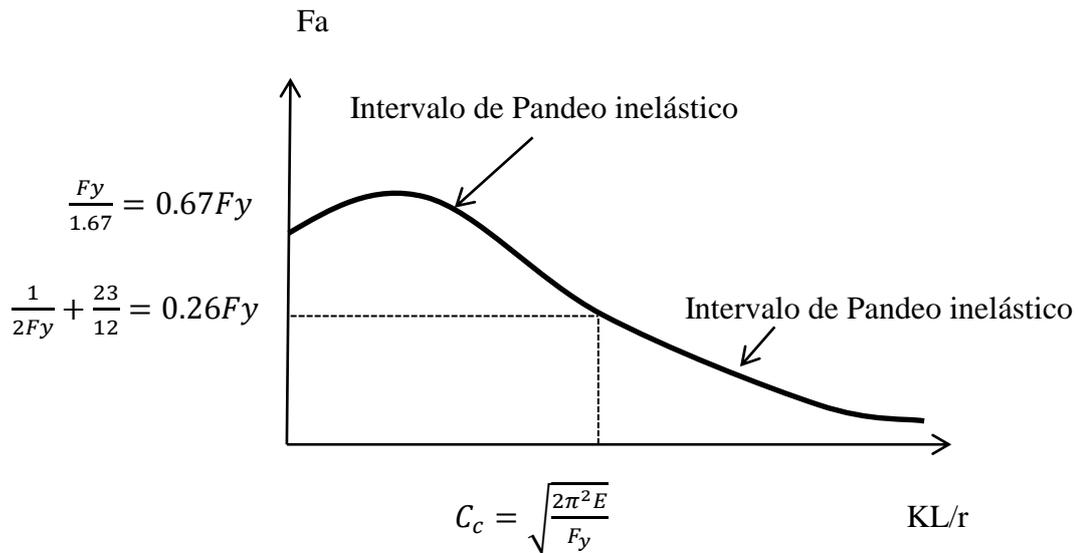
$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(KL/r)}{8C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}} \quad \text{Ecuación 6.32}$$

El denominador de esta ecuación es el factor de seguridad y es usualmente pequeño con respecto al usado para miembros a tensión cargados axialmente. Para valores de  $KL/r$  mayores que  $C_c$ , se usa la ecuación de Euler, con un factor de seguridad de 1.92 o  $23/12$  y así tenemos (McCorman, 2006):

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(KL/r)^2} \quad \text{Ecuación 6.33}$$

Para columnas cortas se demuestra que no son afectadas por las pequeñas excentricidades, lo que permite el uso de factores de seguridad pequeños, las columnas esbeltas son más sensibles a pequeñas imperfecciones y el factor de seguridad se lo elevará hasta en un 15%.

La figura 6.44 muestra los intervalos en que se usa en estas dos expresiones:



**Figura 6-44: Curva ASD para esfuerzos permisibles en columnas**

**Fuente: Autor**

Las columnas de tubo cuadrado ASTM A grado B 500 tenemos que  $F_y = 46 \text{ Kpsi} = 317.17 \text{ Kpa}$ , y  $E = 17000 \text{ lb/pulg}^2 = 117.215 \text{ Kpa}$  y  $L = 1.30 \text{ metros}$  entonces tenemos que:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi * 117.215^2}{317.17}} = 16.49$$

Por lo tanto tenemos que del Anexo 11.

$$\frac{K * L}{r}$$

Dónde:

$K$  = factor

$L$  = largo de la columna [m].

$r$  = radio interno del tubo cuadrado [m].

$$\frac{K * L}{r} = \frac{0.5 * 1.3}{0.095} = 68.42 \approx 70$$

Con este resultado nos dirigimos a las tablas del anexo 11 para hallar  $F_a$ , el cual es  $F_a = 19.74 \text{ Kpsi}$  o  $137.8 \text{ Kpa}$ , y está representado por la ecuación 6.38:

$$P_{perm} = F_a * A_g$$

**Ecuación 6.34**

Dónde:

$A_g$  = área transversal del tubo [m<sup>2</sup>].

$$P_{perm} = 137.8 \text{ kpa} * (135e^{-6}m^2)$$

$$P_{perm} = 18.46 \text{ KN}$$

Al comparar los 4.09KN \* 4columnas = 16.36KN que es peso total del tanque de descarga notamos claramente que el tubo cuadrado es lo suficientemente resistente para soportar al tanque de descarga [6].

$$18.46 \text{ KN} \geq 16.36\text{KN}$$

Al igual que en el diseño de las vigas podemos notar que el material escogido es el adecuado.

### 6.6.5 Análisis de costos

Para la construcción del sistema de acabados contaremos con información de costos, tanto de materiales como de maquinarias y mano de obra que interfieren desde la construcción hasta la implementación del sistema propuesto. Los materiales involucrados en el sistema son los siguientes y se los detalla en la tabla 6.7 y 6.8

#### 6.6.5.1 Costos Directos (CD)

**Tabla 6.7 Costo de materiales mecánicos**

<b>COSTOS DE MATERIALES MECÁNICOS</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Costo Unitario(\$)</b>	<b>Total(\$)</b>
1	Bomba Para Agua	(247*148)mm	130	130

**COSTO DE MATERIALES MÉCANICOS (continuación)**

2	Tanques de succión y descarga	(2.4*1.2)m	400	400
1	Electrodos 308 L y E-6011	1/4 in	3 (6011) c/u	6
4	Tubo Cuadrado	20*2	13.80	55.20
3	Ángulo	25*3	8.05	24.15
1	Tol Galvanizado	28.93	28.93	
1	Pintura Negra		14.34	14.34
<b>TOTAL</b>			<b>634.69</b>	

**Fuente: Autor**

➤ Costos de Materiales (CM)

**Tabla 6.8 Costos de materiales para el sistema de tuberías (CST)**

<b>COSTOS DE MATERIALES PARA EL SISTEMA DE TUBERÍAS</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Precio Unitario(\$)</b>	<b>Total(\$)</b>
1	Manguera de presión	1in*60cm	9	9
4	Codo 90	1in	1.10	4.43
	Unión	1in		
3	Neplo	1in*15cm	1.50	4.50
1	Nudo	1in	3.69	3.69
4	Neplo	1in*10cm	0.75	3.00
1	Reducción	1-3/4	2.75	2.75
1	Teflón		0.40	0.40
3	Tubos PVC	1in	7	21
1	Válvula de globo	1in	15	15
2	Te	1in	2	4
<b>TOTAL</b>			<b>67.77</b>	

**Fuente: Autor**

**Tabla 6.9 Costo Materiales Varios**

<b>COSTOS DE MATERIALES PARA EL SISTEMA DE TUBERÍAS</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Precio Unitario(\$)</b>	<b>Total(\$)</b>
2	Wash primer		10	20
10	Lija de agua # 80		0.50	5
4	Diluyente		2.50	10
2	Masilla		5	10
1	Diluyente		2.68	2.68
1	Esmalte negro		6.20	6.20
1	Acrílico		4.52	4.52
1	Clavos	0.5 lb	2.70	1.35
1	Silicón		3.00	3.00
1	Pintura base		4.48	4.48
<b>TOTAL</b>			<b>67.23</b>	

**Fuente: Autor**

Con el análisis de costos subtotales obtenemos el costo directo total que es la sumatoria de todos estos costos y lo expresamos por medio de la ecuación 6.35:

$$CD = CMV + CST + CMM \quad \text{Ecuación 6.35}$$

Entonces de la ecuación 6.1 tenemos:

$$CD = \$769.69$$

**Tabla 6.10 Costos directos**

<b>COSTOS DIRECTOS</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR(\$)</b>
CMV	67.23
CST	67.77
CMM	634.23
CD	769.69

**Fuente: Autor**

#### **6.6.5.2 Costos Indirectos**

- **Costo máquina - herramientas**

Los costos por la utilización de máquinas – herramientas están basados en una estimación por hora de ocupación de cada una de ellas y se detallan en la tabla 6.11 a continuación:

**Tabla 6.11 Costos de uso de maquinaria (CUM)**

<b>COSTOS DE USO DE MAQUINARIA</b>			
<b>Máquina</b>	<b>Tiempo de uso</b>	<b>Costo/hora (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Suelda eléctrica	5	5	25
Cortadora eléctrica	2	5	10
Esmeril	1	5	5
Compresor	1	5	5
Herramientas		10	10
<b>TOTAL</b>		<b>55</b>	

**Fuente:** Autor

➤ **Costo Mano de Obra**

En los costos de mano de obra están involucradas todas las personas que intervienen tanto en el diseño como en la construcción del sistema de acabados, como son un técnico, maestro y un oficial, los cuales laboran 5 días 8 horas cada día. Para nuestro sistema de acabados se estima su construcción en 15 días laborables como se muestra en la tabla 6.12:

**Tabla 6.12 Costos de mano de obra (CMO)**

<b>COSTOS DE MANO DE OBRA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Costo diario</b>	<b>Tiempo (días lab.)</b>	<b>Salario</b>
Técnico	5	40	3	120
Maestro	2.5	20	12	360
Oficial	1.25	10	15	150
<b>TOTAL</b>		<b>630</b>		

**Fuente:** Autor

Los costos indirectos totales se calculan con la aplicación de la ecuación 6.36.

$$CI = CUM + CMO$$

**Ecuación 6.36**

**Tabla 6.13 Costos Indirectos**

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	
DESCRIPCIÓN	VALOR(\$)
CUM	55
CMO	630
CI	685

**Fuente:** Autor

**6.6.5.3 Costo Total (CT) para el sistema de acabados de muebles de madera con cortina de agua**

El costo total para el sistema de acabados de muebles de madera con cortina de agua es el mostrado en la ecuación 6.37.

$$CT = CD + CI$$

**Ecuación 6.37**

**Tabla 6.14 Costo Total 1**

<b>COSTOS TOTAL 1</b>	
DESCRIPCIÓN	VALOR(\$)
CD	845
CI	685
CT1	1454.69

**Fuente:** Autor

Para obtener el valor total del sistema de acabados con cortina de agua, al valor de CT1 le agregamos el 10 % de su propio valor para los imprevistos que surjan a lo largo de la construcción como se muestra en la tabla 6.15:

**Tabla 6.15 Costo Total 2**

<b>COSTOS TOTAL 2</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR(\$)</b>
CT1	1454.69
10% de CT1	145.47
CT2	1600.159

**Fuente: Autor**

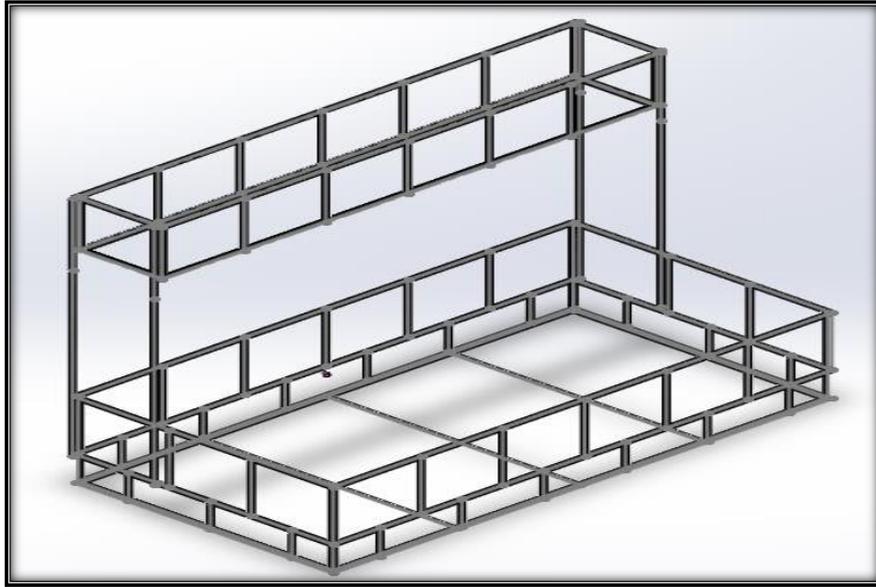
El costo total (CT2) obtenido es relativamente bajo al comparar los precios de los otros sistemas de acabados investigados, además, con la implementación de este sistema el proceso de acabados producirá mejor rédito económico siendo la inversión inicial compensada rápidamente, además de los beneficios que los estudiantes tendrán a los largo de su carrera estudiantil.

## **6.7 Metodología**

En base a los cálculos realizados, se procede a la selección de los materiales a utilizarse para construir un prototipo de una cámara de lacados para muebles de madera, la cual satisfaga las necesidades del Instituto Superior Técnico “Juan XXIII”.

### **6.7.1 Estructura Metálica**

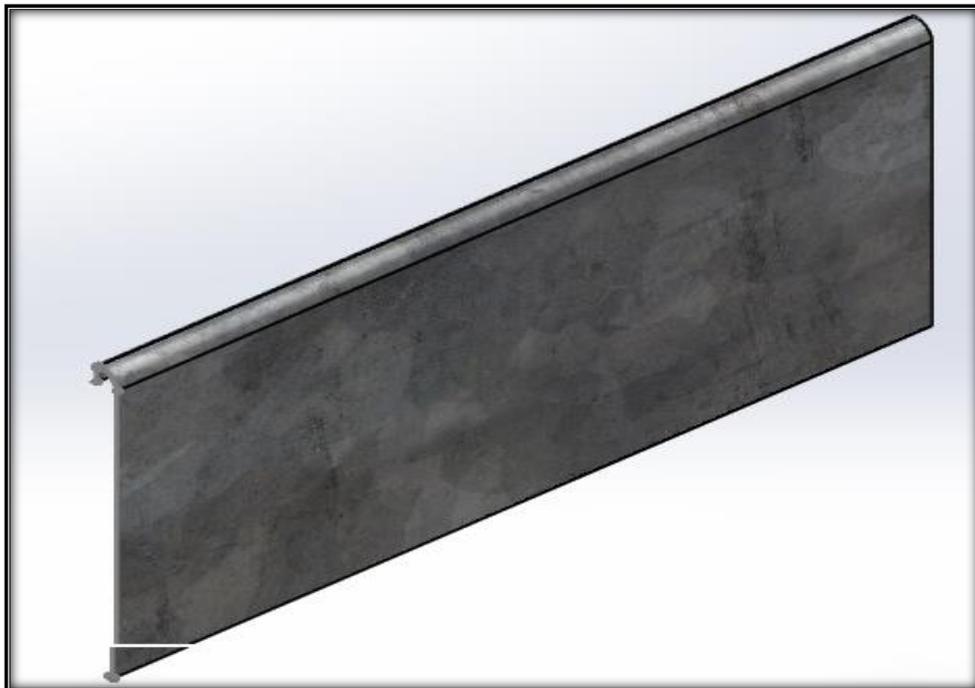
La estructura está constituida de tubo cuadrado galvanizado de 20\*20\*2 y también de tubo cuadrado galvanizado de 20\*20\*1.5, además de pletina de 20\*3. La estructura por facilidad de transportación y de mantenimiento es desmontable en tres partes, de las cuales dos sujetan a los tanques a modo de cajas y una tercera que soporta el tanque de descarga para que el mismo gane altura y así lograr que se forme la cortina como se muestra en la figura 6.45.



**Figura 6-45: Estructura Metálica**

**Fuente: Autor**

La cortina de agua se forma gracias a una plancha de acero galvanizado la cual en su parte superior posee una curvatura de radio 0.20m para lograr un flujo laminar en la misma como se muestra en la figura 6.46.



**Figura 6-46: Cortina de Agua**

**Fuente: Autor**

**Tabla 6.16 Estructura**

<b>ESTRUCTURA</b>	
Altura	2 metros
Ancho	1.2 metros
Longitud	2.4 metros
Materiales	Tubo cuadrado ASTM 500 grado B, Pletina ASTM A36

**Fuente:** Autor

## **6.8 Administración**

Con la finalidad de conservar en óptimas condiciones el funcionamiento de la cámara de acabados con cortina de agua evitar el deterioro del mismo es fundamental presentar un plan de mantenimiento.

### **6.8.1 Planeación**

#### **6.8.1.1 Manual de mantenimiento para el mantenimiento de la cámara de acabados con cortina de agua**

Con el objeto de mantener en óptimas condiciones y una vida útil duradera de la cámara de acabados con cortina de agua, se deberá realizar un mantenimiento continuo, esto quiere decir que después de cada práctica, los estudiantes procederán a realizar los siguientes pasos para el mantenimiento.

1. Retirar el agua del tanque de alimentación y descarga, esto se lo debe realizar ya que con el pasar del tiempo en el interior de los tanques se forman impurezas que pueden ocasionar obstáculos en las tuberías, accesorios y bombas.
2. Verificar que no quede agua en el interior de la bomba, puesto que puede acelerar el proceso de corrosión en el interior de las mismas.
3. Observar que en las redes de tuberías no existan fisuras o averías por donde pueda escapar el fluido.
4. Comprobar que los cables de las conexiones eléctricas no presenten desprendimiento del material aislante, ya que puede ocasionar un corto circuito el cual pueden quemar la bomba.

5. Limpiar adecuadamente la cámara de acabados con cortina de agua después de cada práctica realizada.
6. Cada 6 meses se debe engrasar el cojinete interno de la bomba.
7. Verificar que no existan objetos extraños que pudieran obstruir el correcto funcionamiento de las bombas.
8. Cambiar cada 10 días de servicio los filtros ubicados en el sistema de succión.

### **6.8.2 Organización**

Para obtener resultados óptimos en las prácticas a realizar, tanto el profesor como los estudiantes, deben estar atentos en lo que se refiere a la toma de parámetros físicos y verificar que todos los instrumentos necesarios se encuentren en perfecto funcionamiento.

### **6.8.3 Dirección**

Cada práctica que se realice aplicada en el banco de pruebas, deberá ser dirigida y supervisada por una persona que conozca el funcionamiento del mismo, que para este caso puede ser el profesor de la materia y el ayudante de laboratorio.

### **6.8.4 Control**

Durante el desarrollo de la práctica se necesita controlar el funcionamiento de todo el sistema, en caso de presentarse algún inconveniente la persona encargada deberá informar al profesor que dirigió la práctica para que él sea quien tome las decisiones que sean correspondientes.

## **6.9 Previsión de la evaluación**

Previo al futuro se puede hacer avances en la cámara de acabados con cortina de agua con la reducción de la velocidad de la bomba, conocer las presiones en distintos puntos de la tubería y en la cortina misma para conocer algún tipo de inconveniente que podamos tener en el sistema.

### **6.9.1 Metodología utilizada para la toma de datos experimentales**

Por cada par de estudiantes se tomará un tiempo al momento de realizar el trabajo de forma convencional y al momento de realizar el mismo con la cámara de acabados con cortina de agua.

### **6.9.2 Resultado de las pruebas**

Los resultados de las pruebas que se realizaron en la cámara con cortina de agua se muestran en las tablas 4.11 y 4.12 con el mejor aprovechamiento del tiempo de producción, además en las tablas 4.13 y 4.14, se puede apreciar la reducción en el precio de manufactura, haciendo que esta investigación sea más provechosa dentro del campo en el que se desenvuelve.

### **6.9.3 Conclusiones de la Propuesta**

- La elección de este sistema de acabados es correcto ya que se notó la eficiencia del mismo a la hora de atrapar las impurezas en el aire, y por lo tanto, hacer que la calidad de los muebles mejore y la producción aumente.
- Se pudo notar que al construir un sistema de estas características es más económico que importarlo, además, una ventaja de este es la facilidad de su construcción.
- La economía en la materia prima mejora al no tener mucho desperdicio en el aire y el entorno del taller se volvió más limpio y seguro.
- Tener un buen criterio a la hora del diseño del sistema de tuberías nos ahorro materiales y espacio físico dentro del taller.

### **6.9.4 Recomendaciones**

- Antes de la utilización del sistema de acabados con cortina de agua revisar que el sistema eléctrico no tenga ningún desperfecto.

- Colocar agua limpia en los tanques para evitar daños en el interior de la bomba pese a que poseen filtros de limpieza, es preferible impedir los desperdicios y así asegurar la estabilidad del sistema.
- Cebear correctamente la bomba antes de la utilización.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### BIBLIOGRAFÍA:

- [1] ACOSTA Funeque. (2009) *Evolucion de la Aplicacion de la Pintura*. Bogota Colombia
- [2] MATAIX Claudio. (1982). *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. (2ª Edición), Edit. Alfaomega, Madrid España.
- [3] MC CORMAC, J. (2006). *Diseño de Estructuras Metálicas*. (4ª Edición), Edit. Alfaomega, Colombia.
- [4] MUSON Young. (2005). *Fundamentos de Mecánica de Fluidos*. (2ª Edición), Edit. Limusa, México.
- [5] MOTT Robert L. (2006). *Mecánica de Fluidos*. (6ª Edición), Pearson Educación, México.
- [6] SHIGLEY, J. – MITCHELL, L. (1985). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. (4ª Edición), Edit. Mc. Graw- Hill, México D.F.
- [7] STREETER Víctor L. (2000). *Mecánica de Fluidos*. (9ª Edición), Edit. Mc. Graw- Hill, Colombia.
- [8] CENGEL Yanus A. –CIMBALA John M. (2004). Edit. Mc. Graw- Hill, *Mecánica de Fluidos*. (1ª Edición), México.
- [9] VACACELA, Wilmo, (2009) *Estudio de parametros de combustion en un calderin de 2 Bhp y su efecto sobre la eficiencia*. Biblioteca FICM.
- [11] PORTA ATILIO, Andres. (2011) *Manual Nacional Para Inspectores Ambientales*. Buenos Aires.
- [13] RAMÍREZ, Edison. (2012). *Banco de Pruebas con Bombas Centrífugas*. Biblioteca FICM.

[14] TIMOSHENKO S. (2001), *Elementos de Resistencia de materiales*.  
Limusa, México: Paraninfo

**LINKOGRAFÍA:**

[10] Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (2013) ANDORNO, ROBERTO, “Inspección Ambiental en el marco de las Leyes número 24.051 (Residuos Peligrosos) y 26.168 (Cuenca Matanza Riachuelo) en el ámbito de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación”:  
<http://www.asrm.cl/sitio/download/aire/ANTECGERALAIRE.PDF>

[12] Mercury, (2011) Cabinas y Muros de Pinturas Secas Filtros Secos: Link:  
<http://www.tecnicabina.com/productos/cabinadepinturafiltraci%C3%B3n%20de%20pintura%20seca-1/cabina-de-pinturafiltraci%C3%B3n%20de%20pintura%20seca/>

# ANEXOS

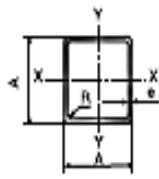
## Anexo 1

### Características del tubo cuadrado

## PERFILES PARA USOS ESTRUCTURALES E INDUSTRIALES

### Perfiles Cuadrados ASTM A-500

Especificaciones Generales	
Largo normal:	6 m. Otros largos previa consulta.
Recubrimiento:	Negro.
Extremos:	Lisos de máquina.
Calidades normales:	A42-27ES • A37-24ES • SAE 1010 • SAE 1008
Otras dimensiones:	A pedido, previa consulta a CINTAG.



Dimensiones nominales		Peso teórico	Área A	Ejes X-X e Y-Y		
A	Espeor			I	W	i
mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
15	1,0	0,42	0,53	0,17	0,23	0,56
	1,5	0,59	0,75	0,22	0,29	0,54
20	1,5	0,58	0,73	0,43	0,43	0,77
	2,0	0,83	1,05	0,58	0,58	0,74
25	2,0	1,05	1,34	0,69	0,69	0,72
	1,0	0,73	0,93	0,88	0,71	0,97
30	1,5	1,06	1,35	1,21	0,97	0,95
	2,0	1,36	1,74	1,48	1,18	0,92
40	1,0	0,89	1,13	1,57	1,05	1,18
	1,5	1,30	1,65	2,19	1,46	1,15
50	2,0	1,68	2,14	2,71	1,81	1,13
	1,0	1,20	1,53	3,85	1,93	1,59
75	1,5	1,77	2,25	5,48	2,74	1,56
	2,0	2,31	2,94	6,93	3,46	1,54
100	3,0	3,30	4,21	9,28	4,64	1,48
	1,5	0,73	0,93	0,88	0,71	0,97
135	2	2,24	2,85	11,05	4,42	1,97
	3	4,25	5,41	19,41	7,76	1,89
150	4	5,45	6,95	23,60	9,44	1,84
	5	6,55	8,36	26,78	10,71	1,79
175	2	4,50	5,74	50,47	13,46	2,97
	3	6,60	8,41	71,54	19,08	2,92
200	4	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
	5	10,48	13,35	105,92	28,25	2,82
225	6	12,27	15,63	119,48	31,86	2,76
	2	6,07	7,74	122,99	24,60	3,99
250	3	8,95	11,41	176,95	35,39	3,94
	4	11,73	14,95	226,09	45,22	3,89
275	5	14,41	18,35	270,57	54,11	3,84
	6	16,98	21,63	310,55	62,11	3,79
300	4	16,13	20,55	581,38	85,13	5,32
	5	19,90	25,35	704,23	104,33	5,27

Los productos destacados son fabricados a pedido y lote mínimo.



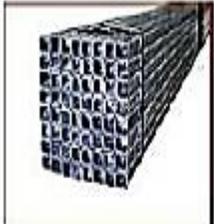
## Anexo 2

### Especificaciones y usos del tubo cuadrado



#### ESPECIFICACIONES GENERALES

Largo Normal: 6 m  
 Recubrimiento: Negro o Galvanizado  
 Dimensiones: Desde 3/4 a 4 plg  
 (20 x 20) a (100 x 100) mm  
 Espesores: Desde 1.5 a 4 mm  
 Calidad del Acero: AISI G3132 SPHT-L  
 ASTM A 500  
 Observaciones: Otros largos previa consulta



#### NORMA INTERNA

Tolerancia Dimensional:  
 3/4" (20 x 20) - 4" (100 x 100) ±0.30 mm  
 Variación Longitud: -0  
 +10  
 Rectitud: 0.4% de longitud (máximo)  
 Radio máximo: 3 veces el espesor

DIMENSIONES	PESO	AREA	PROPIEDADES				
			EJES X-X e Y-Y				
Designación	B	e	P	A	I	W	i
Plg	mm	mm	Kg/6m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
3/4	20	1.5	4.98	1.05	0.58	0.58	0.74
		2.0	6.30	1.34	0.69	0.69	0.72
1	25	1.5	6.36	1.35	1.21	0.97	0.95
		2.0	8.16	1.74	1.48	1.18	0.92
1 1/4	30	1.5	7.80	1.65	2.19	1.47	1.15
		2.0	10.08	2.14	2.71	1.81	1.12
1 1/2	40	1.5	10.62	2.25	5.48	2.74	1.56
		2.0	13.86	2.94	6.92	3.46	1.53
		3.0	19.80	4.21	9.28	4.64	1.48
2	50	1.5	13.44	2.85	11.06	4.42	1.97
		2.0	17.58	3.74	14.13	5.65	1.94
		3.0	25.50	5.41	19.40	7.76	1.89
2 3/8	60	1.5	16.26	3.74	18.58	6.22	2.23
		2.0	22.44	4.54	25.12	8.37	2.15
		3.0	33.30	6.61	35.06	11.69	2.10

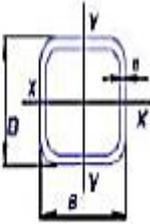
#### APLICACIONES

**Usos Estructurales**

- Columnas de estructuras
- Estructuras para techos de vidrio
- Cerramientos
- Portones
- Postes de señalización

**Otros usos**

- Carrocenas
- Muebles metálicos
- Máquinas para gimnasio
- Casetas de guardanía
- Estructuras para letreros
- Estructuras metálicas
- Maquinaria industrial
- Remolques



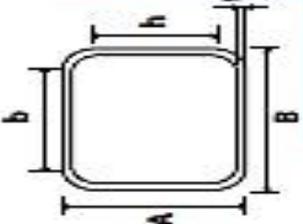
## Anexo 3

### Propiedades de los aceros

<b>:: Descripción:</b>				
Producto de acero laminado en caliente hasta 1250 grados cuya sección transversal esta formada por dos alas en angulo recto.				
<b>:: Usos:</b>				
Fabricación de estructuras metálicas, Camoceras, Rejas, Torres de Transmisión, Puertas, Techados, y Almacenes.				
<b>:: Composición Química (Máx. %):</b>				
NORMA TECNICA	C	P	S	SI
ASTM A-36	0.26	0.040 máx.	0.05 máx.	0.40 máx.
<b>:: Propiedades Mecánicas:</b>				
NORMA TECNICA	F Kg/mm <sup>2</sup>	R Kg/mm <sup>2</sup>	A %	
ASTM A-36	24 mín	41 mín	12.5-19	
<b>:: Dimensiones y Peso Unitario</b>				
<b>Pulgadas</b>				
Dimensiones	Peso Teórico			
	lb/pie	kg/m	kg/pleza	
1/8" x 1 1/2" x 6mts	1.23	1.83	10.983	
3/16" x 1 1/2" x 6mts	1.8	2.679	16.072	
1/8" x 2" x 6mts	1.65	2.455	14.733	
1/4" x 2" x 6mts	3.19	4.747	28.483	
3/16" x 2" x 6mts	2.44	3.631	21.787	
1/4" x 3" x 6mts	4.9	7.292	43.752	
1/4" x 4" x 6mts	6.6	9.82	58.92	
<b>Milimétricos</b>				
Dimensiones	Peso Teórico			
	lb/pie	kg/m	kg/pleza	
50 x 50 x 3mm x 6mts	1.65	2.455	14.733	
50 x 50 x 6mm x 6mts	3.19	4.747	28.483	
74 x75 x 4.6mm x 6mts	3.79	6.2	37.2	
75 x75 x 4.6mm x 12mts	3.79	6.2	54.4	
75 x 75 x 6mm x 12mts	4.9	7.292	87.5	
100 x 100 x 6mm x 6mts	6.6	9.82	58.92	
100 x 100 x 9mm x 6mts	9.8	14.58	87.492	
100 x 100 x 12mm x 6mts	12.8	19.05	114.27	
150 x 150 x 9mm x 6mts	14.9	22.22	133.287	
150 x 150 x 12mm x 6mts	19.67	29.34	176.04	

Anexo 4

Propiedades de Sección (W)



TUBERIA ESTRUCTURAL CUADRADA

Tabla de Dimensiones y Propiedades de la Sección.

Dimensiones Normales		Dimensiones de Diseño				h/t	b/t	peso (kg/m)	Área de la sección (axonomal) (mm <sup>2</sup> )	I (mm <sup>4</sup> )	S (mm <sup>3</sup> )	r (mm)	r <sub>x</sub> (mm)	Z (mm <sup>3</sup> )	St. Venant J(mm <sup>4</sup> )	Warping Cw(mm <sup>6</sup> )	Área superficial por metro lineal (mm <sup>2</sup> )
		e (mm)	h (mm)	b (mm)	t (mm)												
A (mm)	100 x	3,77	85,45	85,45	3,51	24,37	11,10	13200	2023916	404763	3916	55,37	47340,4	3214496	9,700E+05	0,399	
B (mm)	120 x	4,53	102,51	102,51	4,21	24,33	16,01	19032	4194978	639113	4695	66,39	81914,8	6682628	2,917E+06	0,467	
	150 x	5,85	132,42	132,42	5,44	24,34	26,71	31747	11680162	1507118	6066	85,78	176494,5	18532754	1,355E+07	0,603	
	200 x	7,55	180,31	180,31	7,02	23,26	44,09	52412	31919076	31919008	7004	110,36	374050,1	51645192	9,680E+07	0,772	
	230 x	9,00	176,26	176,26	8,37	21,06	57,45	80312	40950802	454090,5	85,51	120,93	534067,5	81201360	2,044E+08	0,946	
	280 x	11,00	206,54	206,54	10,23	20,19	82,74	98410	100148168	770070,5	100,08	142,67	900892,6	103400544	5,907E+08	0,999	

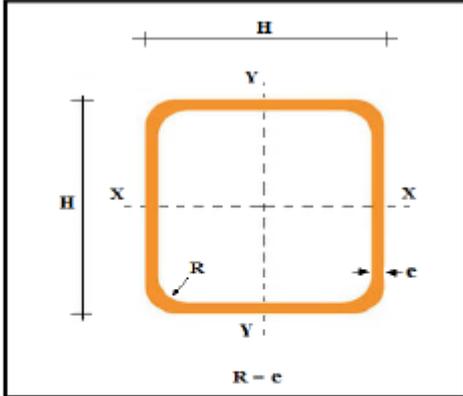
Acorde al Capítulo F.2. del Reglamento NSR-10.

## Anexo 5

Peso de la tubería galvanizada

TUBERIA GALVANIZADA CUADRADA				
Referencia	Diámetro Exterior		Espesor (mm)	Peso (kg / 6 mt)
	Pulgadas (")	Milímetros (mm)		
1 " X 1 "	1.250	31.750	0,70	3,34
			0,90	4,26
			1,20	5,59
			1,37	6,36
			1,50	6,89
			1,90	8,64
1 1/2 " X 1 1/2 "	1.875	47.625	0,70	5,14
			0,90	6,56
			1,20	8,64
			1,37	9,84
			1,50	10,72
			1,90	13,45

## Anexo 6

Características del tubo estructural cuadrado	
Largo Normal	6 metros
Recubrimiento	Negro o Norma de Galvanizado
Norma de Fabricación	ASTM A500 Gr. A, B ó C. NTE INEN 2415
Norma de galvanizado	ASTM A123
Espesores	Desde 1,5 a 4,0 mm
	
Nomenclatura	

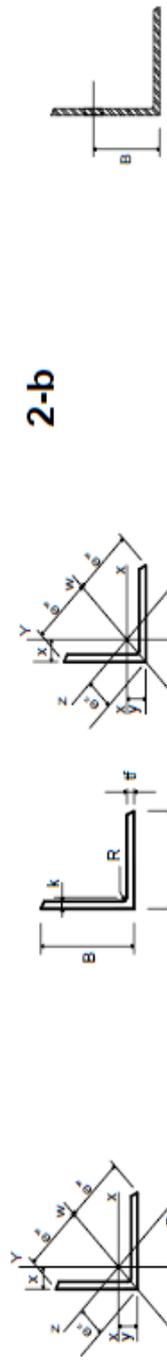
$A =$  Área de la sección transversal de tubo,  $\text{cm}^2$

$I =$  Momento de inercia de la sección,  $\text{cm}^4$

$W =$  Modulo resistente de la sección,  $\text{cm}^3$

$i =$  Radio de giro de la sección,  $\text{cm}$

## ANGULOS PERFIL ESTANDAR DE LADOS IGUALES



2-b

propiedades para diseño y dimensiones para detallar

propiedades para diseño y dimensiones para detallar

PERFIL	ESPESOR	t	PESO		A	R	EJES X-Y			EJES W-Z			EJES Z-Z			GRAMTL		Diámetro máximo de Espaciamiento mínimo			
			mm.	Pulg.			I	S	r	x=y	I	S	r	ew	I	S	r		ez	θ	remaches o tornillos
3/4	3.2	1/8	0.88	1.11	3.2	0.37	0.28	0.58	0.58	0.58	0.43	0.73	1.34	0.16	0.19	0.38	0.82	11	6.3	1/4	
	4.8	3/16	1.25	1.59	3.3	0.50	0.39	0.66	0.66	0.66	0.58	0.62	0.72	1.34	0.17	0.18	0.38	0.93	11	6.3	1/4
19.0	3.2	1/8	1.19	1.52	3.2	0.82	0.51	0.79	0.76	0.76	1.24	0.69	0.93	1.79	0.41	0.38	0.48	1.07	14	9.5	3/8
	4.8	3/16	1.73	2.21	3.2	1.25	0.72	0.76	0.81	0.81	2.08	1.16	0.93	1.79	0.41	0.36	0.48	1.14	14	9.5	3/8
1 1/4	3.2	1/8	1.50	1.93	4.7	1.83	0.80	0.97	0.89	0.89	2.91	1.30	1.19	2.24	0.83	0.66	0.60	1.25	18	12.7	1/2
	4.8	3/16	2.20	2.79	4.7	2.54	1.16	0.97	0.97	0.97	3.74	1.67	1.19	2.24	0.83	0.61	0.60	1.37	18	12.7	1/2
1 1/2	3.2	1/8	1.83	2.34	4.7	3.25	1.18	1.17	1.07	1.07	5.41	2.01	1.47	2.69	1.24	0.82	0.73	1.51	20	12.7	1/2
	4.8	3/16	2.68	3.43	4.7	4.58	1.64	1.17	1.12	1.12	7.07	2.63	1.44	2.69	1.66	1.05	0.73	1.58	20	12.7	1/2
38.1	3.2	1/4	3.48	4.4	4.7	6.83	2.20	1.14	1.19	1.19	8.74	3.24	1.42	2.69	2.49	1.48	0.73	1.68	20	12.7	1/2
	4.8	3/8	5.12	6.39	4.7	9.57	3.11	1.35	1.35	1.35	11.24	4.48	1.67	3.14	3.74	1.97	0.66	1.90	25	15.9	5/8
44.4	3.2	1/4	4.12	5.20	6.3	9.57	3.11	1.35	1.35	1.35	11.24	4.48	1.67	3.14	3.74	1.97	0.66	1.90	25	15.9	5/8
	4.8	3/8	5.96	7.54	6.3	13.71	4.24	1.63	1.63	1.63	15.71	5.61	1.87	3.58	4.57	2.32	0.66	1.97	25	15.9	5/8
50.8	3.2	1/8	2.46	3.10	6.3	7.91	2.13	1.60	1.40	1.40	12.49	3.48	1.97	3.58	3.32	1.68	0.99	1.97	30	15.9	5/8
	4.8	3/16	3.63	4.61	6.3	11.45	3.11	1.67	1.45	1.45	17.48	4.88	1.95	3.58	4.57	2.28	0.99	2.00	30	15.9	5/8
50.8	3.2	1/4	4.75	6.06	6.3	14.57	4.10	1.55	1.50	1.50	22.47	6.27	1.93	3.58	5.82	2.77	0.99	2.1	30	15.9	5/8
	4.8	3/8	6.83	8.74	6.3	19.98	5.74	1.63	1.63	1.63	26.03	7.43	1.90	3.58	7.07	3.24	0.99	2.18	30	15.9	5/8
50.8	3.2	3/8	6.99	8.77	6.3	19.98	5.74	1.63	1.63	1.63	26.03	7.43	1.90	3.58	8.32	3.61	0.99	2.3	30	15.9	5/8
	4.8	1/2	9.87	12.70	6.3	27.91	7.91	1.83	1.83	1.83	34.00	10.10	2.43	4.49	11.65	4.58	1.24	2.54	35	19.0	3/4
63.5	3.2	1/4	6.10	7.68	6.3	29.14	6.39	1.96	1.83	1.83	45.36	10.10	2.43	4.49	11.65	4.58	1.24	2.54	35	19.0	3/4
	4.8	3/8	8.79	11.16	6.3	40.79	9.34	1.91	1.83	1.83	64.09	14.27	2.38	4.49	17.06	6.29	1.24	2.71	35	19.0	3/4

## Anexo 8

### ESPECIFICACIONES PARA TUBERÍAS PVC

Diámetro Nominal (mm)		Diámetro Interior mm	Espesor Nominal mm	Presión de Trabajo		
UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C			MPa	PSI (lb/pulg <sup>2</sup> )	Kgf/cm <sup>2</sup>
	20	17.6	1.2	1.25	181	12.75
		17.4	1.3	1.60	232	16.32
		17.0	1.5	2.00	290	20.40
	25	22.6	1.2	1.00	145	10.20
		22.4	1.3	1.25	181	12.75
		22.0	1.5	1.60	232	16.32
	32	29.6	1.2	0.80	116	8.16
		29.4	1.3	1.00	145	10.20
		29.0	1.5	1.25	181	12.75
	40	37.6	1.2	0.63	91	6.43
		37.4	1.3	0.80	116	8.16
		37.0	1.5	1.00	145	10.20
		36.2	1.9	1.25	181	12.75

## Anexo 9

Coeficiente de resistencia de los accesorios.		
VALORES DEL COEFICIENTE K EN PÉRDIDAS POR ACCESORIOS		
Accidente	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0,2	13
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15	35
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,6	160
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
T por salida lateral	1,80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0,90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0,75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0,60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0,45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0,40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0,35	-

## Anexo 10

<p><i>La configuración de la columna pandeada se muestra con línea punteada</i></p>	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(d)
<p><b>Valor teórico de K</b></p>	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
<p><b>Valor de diseño recomendado para K, cuando las condiciones reales de apoyo se aproximan a las ideales</b></p>	0.65	0.80	1.2	1.0	2.1	2.0
<p><b>Representación esquemática de las condiciones de apoyo</b></p>	   	<p><i>Rotación impedida y traslación impedida</i></p> <p><i>Rotación libre y traslación impedida</i></p> <p><i>Rotación impedida y traslación libre</i></p> <p><i>Rotación libre y traslación libre</i></p>				

Factores de longitud efectiva para diversas condiciones de apoyo.

## Anexo 11

### Presión permisible (Fa)

$\frac{KL}{r}$ ratio		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Analysis of Compression / 3.1-13
		27,540	27,480	27,420	27,360	27,300	27,230	27,160	27,090	27,020	
10	26,950	26,870	26,790	26,720	26,630	26,550	26,470	26,380	26,290	26,210	
20	26,110	26,020	25,930	25,830	25,730	25,640	25,540	25,430	25,330	25,230	
30	25,120	25,010	24,900	24,790	24,680	24,560	24,450	24,330	24,210	24,100	
40	23,970	23,850	23,730	23,600	23,480	23,350	23,220	23,090	22,960	22,830	
50	22,690	22,560	22,420	22,280	22,140	22,000	21,860	21,720	21,570	21,430	
60	21,280	21,130	20,980	20,830	20,680	20,530	20,370	20,220	20,060	19,900	
70	19,740	19,580	19,420	19,260	19,100	18,930	18,760	18,600	18,430	18,260	
80	18,080	17,910	17,740	17,560	17,390	17,210	17,030	16,850	16,670	16,480	
90	16,300	16,120	15,930	15,740	15,550	15,360	15,170	14,970	14,780	14,580	
100	14,390	14,190	13,990	13,790	13,580	13,380	13,170	12,960	12,750	12,540	
110	12,330	12,120	11,900	11,690	11,490	11,290	11,100	10,910	10,720	10,550	
120	10,370	10,200	10,030	9,870	9,710	9,560	9,410	9,260	9,110	8,970	

## Anexo 12

### Propiedades del agua.

Temperatura (°C)	Peso específico $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad dinámica $\eta$ (Pa·s)	Viscosidad cinemática $\nu$ (m <sup>2</sup> /s)
0	9.81	1000	$1.75 \times 10^{-3}$	$1.75 \times 10^{-6}$
5	9.81	1000	$1.52 \times 10^{-3}$	$1.52 \times 10^{-6}$
10	9.81	1000	$1.30 \times 10^{-3}$	$1.30 \times 10^{-6}$
15	9.81	1000	$1.15 \times 10^{-3}$	$1.15 \times 10^{-6}$
20	9.79	998	$1.02 \times 10^{-3}$	$1.02 \times 10^{-6}$
25	9.78	997	$8.91 \times 10^{-4}$	$8.94 \times 10^{-7}$
30	9.77	996	$8.00 \times 10^{-4}$	$8.03 \times 10^{-7}$
35	9.75	994	$7.18 \times 10^{-4}$	$7.22 \times 10^{-7}$
40	9.73	992	$6.51 \times 10^{-4}$	$6.56 \times 10^{-7}$
45	9.71	990	$5.94 \times 10^{-4}$	$6.00 \times 10^{-7}$
50	9.69	988	$5.41 \times 10^{-4}$	$5.48 \times 10^{-7}$
55	9.67	986	$4.98 \times 10^{-4}$	$5.05 \times 10^{-7}$
60	9.65	984	$4.60 \times 10^{-4}$	$4.67 \times 10^{-7}$
65	9.62	981	$4.31 \times 10^{-4}$	$4.39 \times 10^{-7}$
70	9.59	978	$4.02 \times 10^{-4}$	$4.11 \times 10^{-7}$
75	9.56	975	$3.73 \times 10^{-4}$	$3.83 \times 10^{-7}$
80	9.53	971	$3.50 \times 10^{-4}$	$3.60 \times 10^{-7}$
85	9.50	968	$3.30 \times 10^{-4}$	$3.41 \times 10^{-7}$
90	9.47	965	$3.11 \times 10^{-4}$	$3.22 \times 10^{-7}$
95	9.44	962	$2.92 \times 10^{-4}$	$3.04 \times 10^{-7}$
100	9.40	958	$2.82 \times 10^{-4}$	$2.94 \times 10^{-7}$

## Anexo 13

Rugosidad del conducto.		
Material	Rugosidad $\epsilon$ (m)	Rugosidad $\epsilon$ (pie)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	$3.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-6}$
Tubo extruido; cobre, latón y acero	$1.5 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$
Acero, comercial o soldado	$4.6 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$
Hierro galvanizado	$1.5 \times 10^{-4}$	$5.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, recubierto	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, no recubierto	$2.4 \times 10^{-4}$	$8.0 \times 10^{-4}$
Concreto, bien fabricado	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Acero remachado	$1.8 \times 10^{-3}$	$6.0 \times 10^{-3}$

## Anexo 14

### Propiedades de los Aceros Estructurales

**ASTM A500.** Este tipo de acero está disponible en tubos de sección circular hueca HSS formados en frío en tres grados, y también en los mismos grados de tubos HSS formados en frío, de sección cuadrada y rectangular.

Las propiedades para tubos cuadrados y rectangulares HSS difieren de los circulares HSS. El grado más común tiene un esfuerzo de fluencia y una resistencia de ruptura a la tensión de 46 y 58 ksi (320 MPa o 3 200 kg/cm<sup>2</sup> y 405 MPa o 4 100 kg/cm<sup>2</sup>).

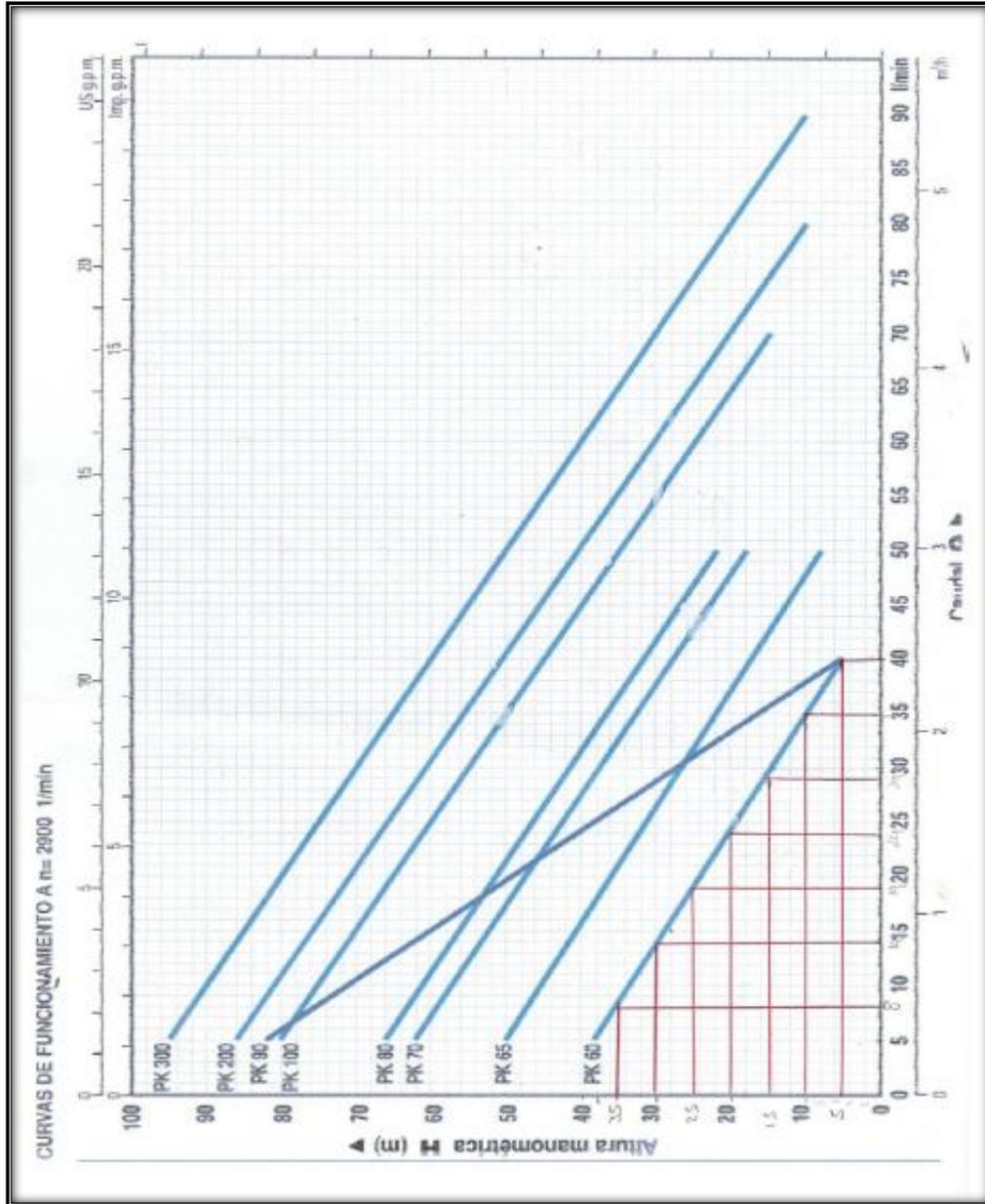
## Anexo 15

### Propiedades de los aceros

Designación del ASTM.	Producto	Grado	$F_y$ (min) kg/cm <sup>2</sup>	$F_u$ (min/max) kg/cm <sup>2</sup>	% elongación en 5.08 cm (min)	$F_u/F_y$ (min)
<p>A36/A36M-04</p> <p>Esta especificación cubre perfiles, placas y barras de acero de carbono de calidad estructural para construcción remachada, atomillada o soldada de puentes y edificios y para aplicaciones estructurales generales.</p> <p>Se proveen requisitos adicionales cuando la tenacidad de muesca sea importante. Estos requisitos aplicarán cuando se especifiquen por el comprador en su orden.</p> <p>Cuando el acero vaya a ser soldado, se presupone que será usado un procedimiento de soldado consistente con el tipo de grado de acero y el uso planeado de la estructura.</p>	Placas y Barras		2530	4076/5622	23	1.61
<p>A242-A242M-03<sup>a</sup></p> <p>Esta especificación cubre perfiles, placas y barras de acero de alta resistencia y baja aleación para construcción remachada, atomillada y soldada a ser usados principalmente en miembros estructurales cuando el ahorro en peso y la durabilidad adicional son importantes.</p> <p>La resistencia a la corrosión atmosférica de este tipo de acero en la mayoría de los ambientes es substancialmente mejor que el acero al carbono con o sin adición de cobre. Esta especificación está limitada a material de hasta 4 plg (10 cm) de espesor.</p>	Placas y Barras $t \leq 0.75$ plg (19.05mm)		3514	4919	21	1.40
<p>A283/A283M-03<sup>a</sup></p> <p>Esta especificación cubre cuatro grados de acero para placas de acero al carbono de calidad estructural para aplicaciones generales.</p> <p>Cuando el acero vaya a ser soldado, se presupone que será usado un procedimiento de soldado consistente con el tipo de grado de acero y el uso planeado de la estructura.</p>	Placa	A B C D	1686 1897 2108 2319	3162/4216 3514/4668 3865/5270 4216/5622	30 28 25 23	1.88 1.85 1.83 1.82
<p>A500-03</p> <p>Esta especificación cubre tubos estructurales soldados sin costuras redondos, cuadrados y de configuraciones especiales de acero de carbono laminado en frío para construcción remachada, atomillada y soldada de puentes y edificios y para aplicaciones estructurales generales.</p> <p>Estos tubos se producen soldados y sin costuras para diámetros máximos de 64 plg. (1626 mm) y un espesor máximo de 0.625 plg. (15.88 mm). El Grado D requiere de tratamiento con calor.</p> <p>Nota: Los productos manufacturados con esta especificación pueden no ser recomendables para condiciones tales como carga dinámica en estructuras soldadas, donde las propiedades de tenacidad de muesca pueden ser importantes.</p>	Tubos Redondos  Tubos Cuadrados	A B C D  A B C D	2319 2951 3232 2530  2740 3232 3514 2530	3162 4076 4357 4076  3162 4076 4357 4057	25 23 21 23  25 23 21 23	1.36 1.38 1.35 1.61  1.15 1.26 1.24 1.61

# Anexo 16

## Bombas Pedrollo



# Anexo 17

## Chi-Cuadrado

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8374	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8558	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361

## Anexo 18

Certificado del análisis del agua contaminada durante el proceso de pintura en la cámara de acabados con cortina de agua



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS  
UNIDAD DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
**LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS**



Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Ambato Ecuador Telefonos: 2400987 Correo: laconal@hotmail.com

### CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No:13-305		R01-5.10 06				
Solicitud Nº: 13-305		Pág.:1 de 1				
Fecha recepción: 20 diciembre 2013		Fecha de ejecución de ensayos: 23 diciembre 2013				
<b>Información del cliente:</b>						
Empresa: Particular		C.I./RUC: 1803441847				
Representante: José David Pincha Miranda		Tif: 0987947535				
Dirección: Facultad Civil y Mecánica UTA		Email: dajo777@hotmail.com				
Ciudad: Ambato						
<b>Descripción de las muestras:</b>						
Producto: Agua con pintura		Peso: 1000 ml c/u				
Marca comercial: n/a		Tipo de envase: Envase plástico				
Lote: n/a		No de muestras: Tres				
F. Elb.: n/a		F. Exp.: n/a				
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:		Almac. en Lab: n/a				
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:		Muestreo por el cliente: 20 dic2013				
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Agua con pintura	30513779	18-dic-2013	*Sólidos Totales	AOAC 920.151. Ed 19, 2012	%	0.133
	30513780	18-dic-2013	*Sólidos Totales	AOAC 920.151. Ed 19, 2012	%	0.126
	30513781	18-dic-2013	*Sólidos Totales	AOAC 920.151. Ed 19, 2012	%	0.134
Conds. Ambientales: 19.7° C; 50%HR						
						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

## Anexo 19

### Datos obtenidos del estudio de los COV

```
File: C:\Program Files\...\DataPGM-2300_155-109824_20130424_104749.dlg
=====Event #23 information (begin)=====
=====
[Event #23 name: UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
]--[Event #23]24-04-2013 001<--> 24-04-2013 <2
[Event start time: ]--24-04-2013 14:01:45[Event end time: ]--24-04-2013
14:11:45
=====Event #23 head information=====
Product Name: QRAE II Model Name: PGM-2400 Serial Number: 155-109824
Data Points: 10 Sample Period: 60 s
=====
Sensor Information : Volatile Organic Compound (mg/m3) H2S(ppm) SPE (%)
LEL(%)
Drift Value :
Low Alarm Levels : 35 10.0 19.5 10
High Alarm Levels : 200 20.0 23.5 20
Span Value : 50 10.0 18.0 50
Correction Factor : --- --- --- 1.00
Over Alarm Levels : 1000 100.0 30.0 100
=====Event #23 data informations=====
LINE# Date/Time      VOC(mg/m3) H2S(ppm)  SPE (%)  LEL(ppm)
1 28-04-2011 13:01  180.02    0        20.2    0
2 28-04-2011 13:02  222.03    0        20.2    0
3 28-04-2011 13:03  198.03    0        20.1    0
4 28-04-2011 13:04  220.02    0        20.1    0
5 28-04-2011 13:05  190.04    0        20.1    0
6 28-04-2011 13:06  60.03     0        20.9    0
7 28-04-2011 13:07  40.02     0        20.9    0
8 28-04-2011 13:08  30.01     0        20.9    0
9 28-04-2011 13:07  20.02     0        20.9    0
10 28-04-2011 13:08  30.01     0        20.9    0
```

## Anexo 20

### Límite permitido a la exposición para recubrimientos de madera.

BOE núm. 33

Viernes 7 febrero 2003

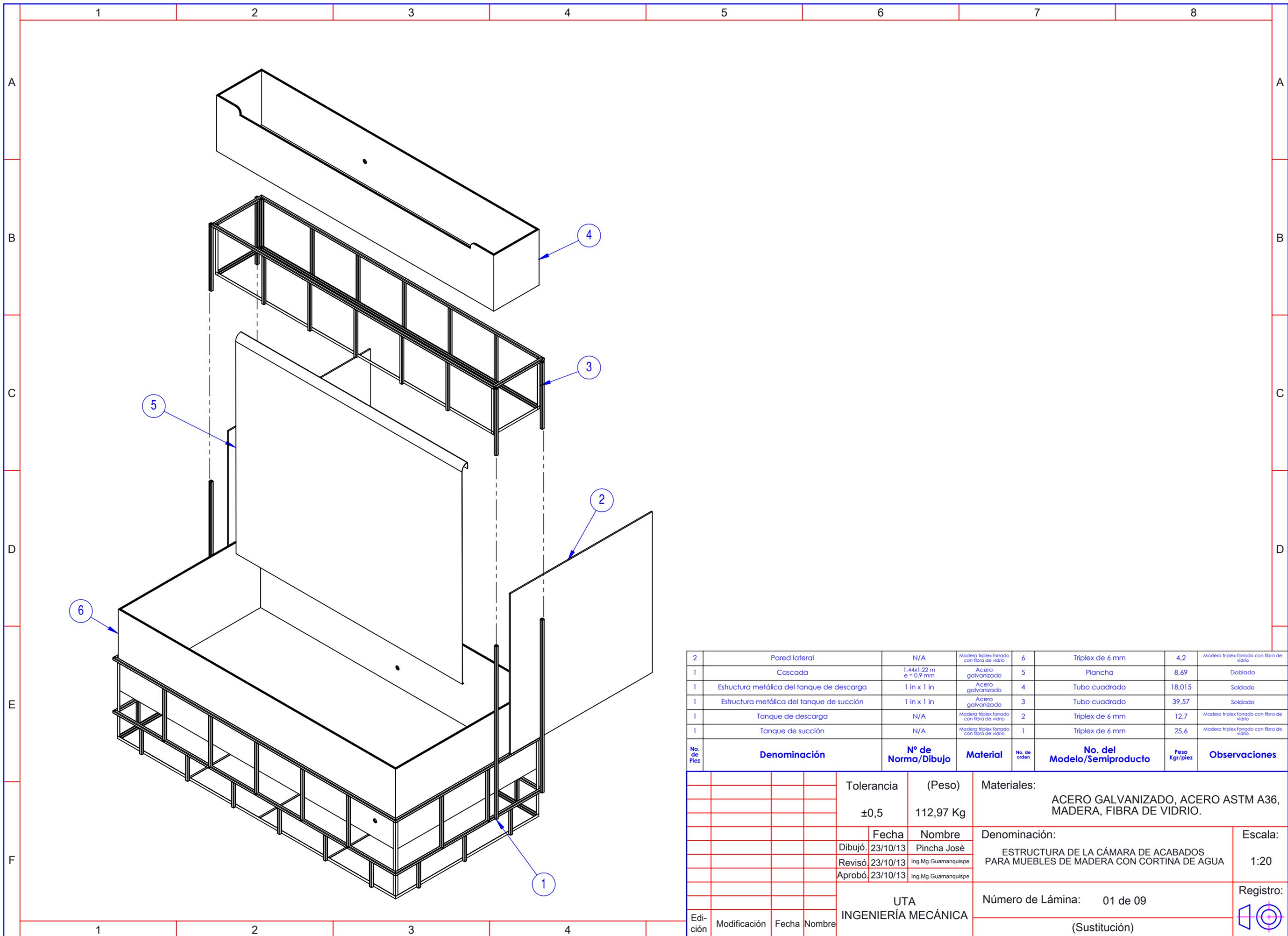
5037

Actividad (umbral de consumo de disolvente en t/año)	Umbral (umbral de consumo de disolventes en t/año)	Valores límite de emisión en gases residuales (mg C/Nm <sup>3</sup> )	Valores de emisión difusa (porcentaje de entrada de disolventes)		Valores límite de emisión total		Disposiciones especiales
			Instalac. nuevas	Instalac. exist.	Instalac. nuevas	Instalac. exist.	
7 Recubrimiento de bobinas (>25).		50(1)	5	10			(1) En las instalaciones que utilicen disolventes nitrogenados con técnicas que permitan la reutilización de los disolventes recuperados, el límite de emisión será de 150.
8 Otros tipos de recubrimiento, incluido el recubrimiento de metal, plástico, textil (5), tejidos, películas y papel (>5).	5-15 >15	100 (1)(4) 50/75 (2) (3)(4)	25(4)	20(4)			(1) El valor límite de emisión se aplica a las actividades de recubrimiento y secado llevados a cabo en condiciones confinadas. (2) El primer valor límite de emisión se aplica a las actividades de secado y el segundo a los de recubrimiento. (3) En las instalaciones para recubrimiento de textil que utilicen disolventes nitrogenados con técnicas que permitan la reutilización de los disolventes recuperados, el límite de emisión aplicado a las actividades de recubrimiento y secado en conjunto será de 150. (4) Las actividades de recubrimiento que no se puedan aplicar en condiciones confinadas (como la construcción de barcos, la pintura de aviones) quedarán exentos de dichos valores, con arreglo a lo dispuesto en la letra b) del apartado 3 del artículo 4. (5) La impresión serigráfica rotativa sobre textil quedará incluida en la actividad n.º 3.
9 Recubrimiento de alambre de bobinas (>5).					10g/kg(1) 5g/kg(2)		(1) Se aplica a las instalaciones cuando el diámetro medio del alambre es de ≤ 0,1 mm. (2) Se aplica a todas las demás instalaciones.
10 Recubrimiento de madera (>15).	15-25 >25	100(1) 50/75(2)	25 20				(1) El límite de emisión se aplica a las actividades de recubrimiento y secado llevados a cabo en condiciones confinadas. (2) El primer valor se aplica a las actividades de secado y el segundo a los de recubrimiento.



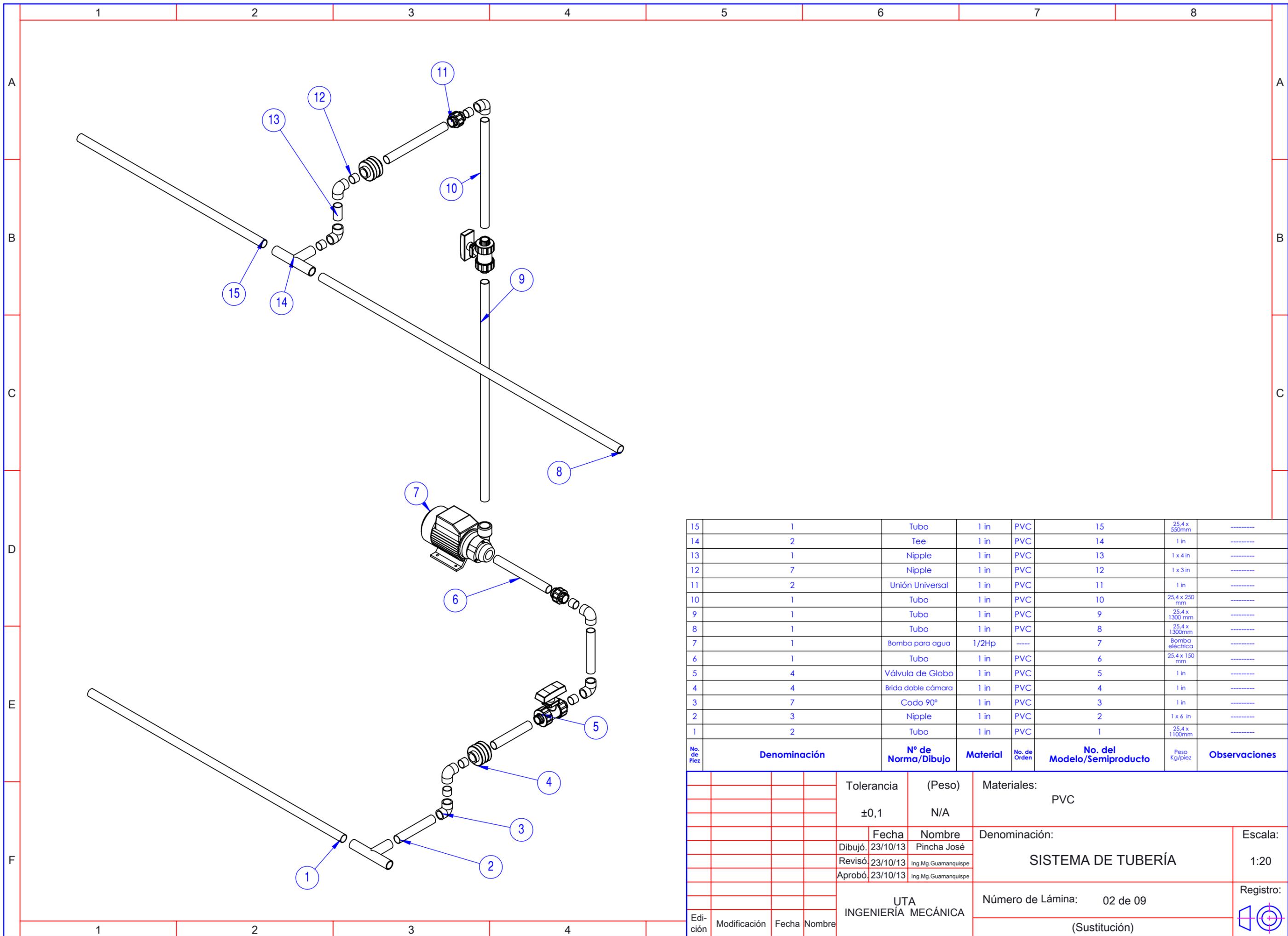


**PLANOS**



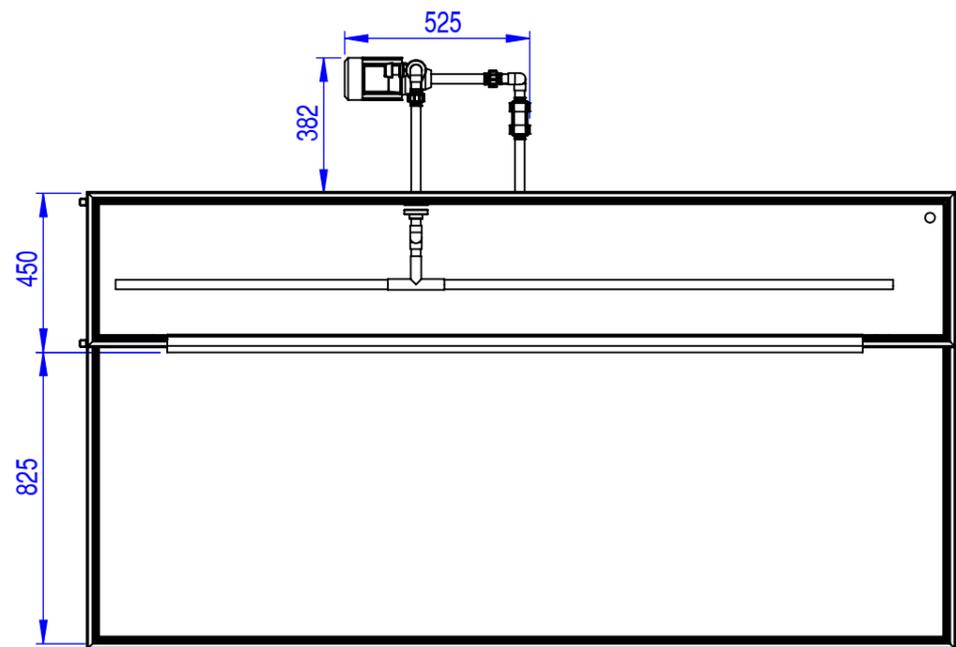
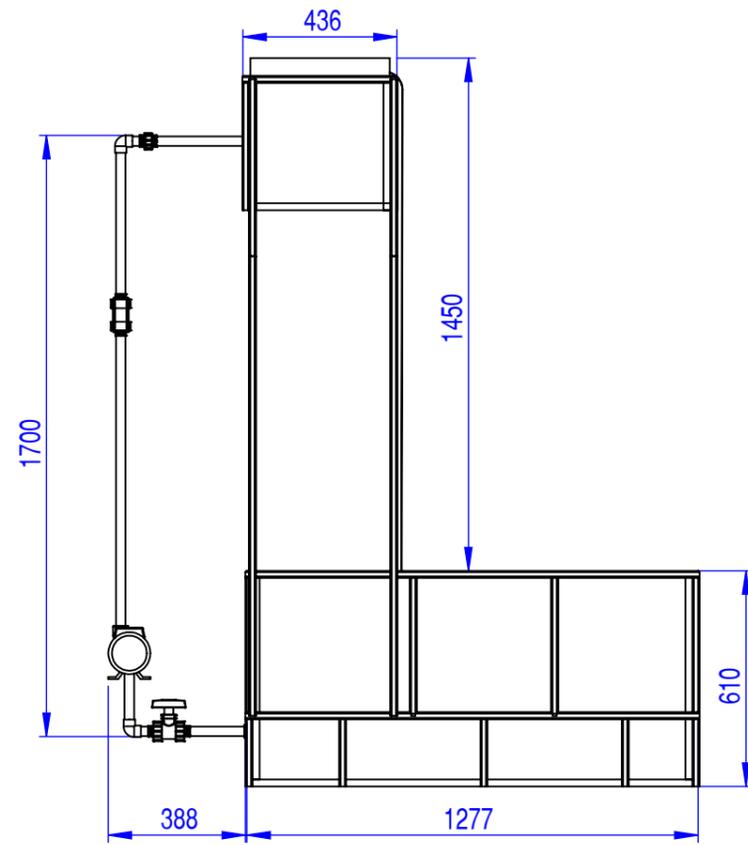
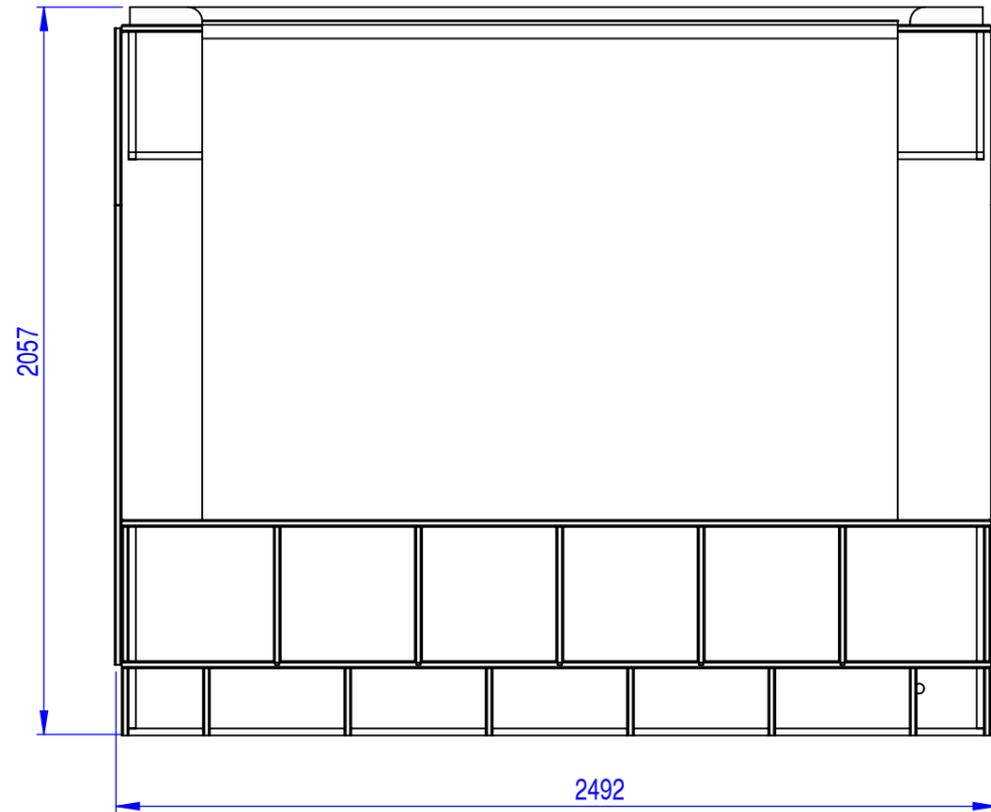
2	Pared lateral	N/A	Madera triplex forrado con fibra de vidrio	6	Triplex de 6 mm	4,2	Madera triplex forrado con fibra de vidrio
1	Cascada	1,44x1,22 m e = 0,9 mm	Acero galvanizado	5	Plancha	8,69	Doblado
1	Estructura metálica del tanque de descarga	1 in x 1 in	Acero galvanizado	4	Tubo cuadrado	18,015	Soldado
1	Estructura metálica del tanque de succión	1 in x 1 in	Acero galvanizado	3	Tubo cuadrado	39,57	Soldado
1	Tanque de descarga	N/A	Madera triplex forrado con fibra de vidrio	2	Triplex de 6 mm	12,7	Madera triplex forrado con fibra de vidrio
1	Tanque de succión	N/A	Madera triplex forrado con fibra de vidrio	1	Triplex de 6 mm	25,6	Madera triplex forrado con fibra de vidrio
No. de Piez	<b>Denominación</b>	<b>Nº de Norma/Dibujo</b>	<b>Material</b>	<b>No. de orden</b>	<b>No. del Modelo/Semiproducto</b>	<b>Peso Kgr/piez</b>	<b>Observaciones</b>

Tolerancia		(Peso)	Materiales:	
±0,5		112,97 Kg	ACERO GALVANIZADO, ACERO ASTM A36, MADERA, FIBRA DE VIDRIO.	
Fecha		Nombre	Denominación:	
Dibujó. 23/10/13		Pincha José	ESTRUCTURA DE LA CÁMARA DE ACABADOS PARA MUEBLES DE MADERA CON CORTINA DE AGUA	
Revisó. 23/10/13		Ing.Mg. Guamanquispe	Escala:	
Aprobó. 23/10/13		Ing.Mg. Guamanquispe	1:20	
UTA INGENIERÍA MECÁNICA			Número de Lámina: 01 de 09	
Edición			(Sustitución)	
Modificación	Fecha	Nombre	Registro:	



15	1	Tubo	1 in	PVC	15	25,4 x 550mm	-----	
14	2	Tee	1 in	PVC	14	1 in	-----	
13	1	Nipple	1 in	PVC	13	1 x 4 in	-----	
12	7	Nipple	1 in	PVC	12	1 x 3 in	-----	
11	2	Unión Universal	1 in	PVC	11	1 in	-----	
10	1	Tubo	1 in	PVC	10	25,4 x 250 mm	-----	
9	1	Tubo	1 in	PVC	9	25,4 x 1300 mm	-----	
8	1	Tubo	1 in	PVC	8	25,4 x 1300mm	-----	
7	1	Bomba para agua	1/2Hp	----	7	Bomba eléctrica	-----	
6	1	Tubo	1 in	PVC	6	25,4 x 150 mm	-----	
5	4	Válvula de Globo	1 in	PVC	5	1 in	-----	
4	4	Brida doble cámara	1 in	PVC	4	1 in	-----	
3	7	Codo 90°	1 in	PVC	3	1 in	-----	
2	3	Nipple	1 in	PVC	2	1 x 6 in	-----	
1	2	Tubo	1 in	PVC	1	25,4 x 1100mm	-----	
No. de Piez	Denominación		Nº de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso Kg/piez	Observaciones

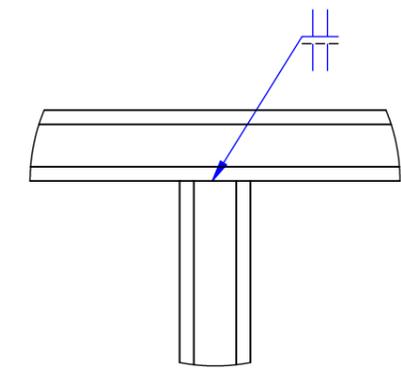
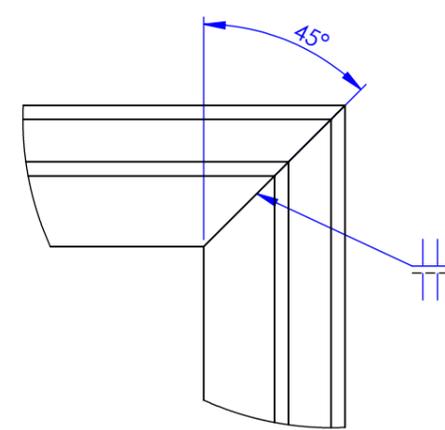
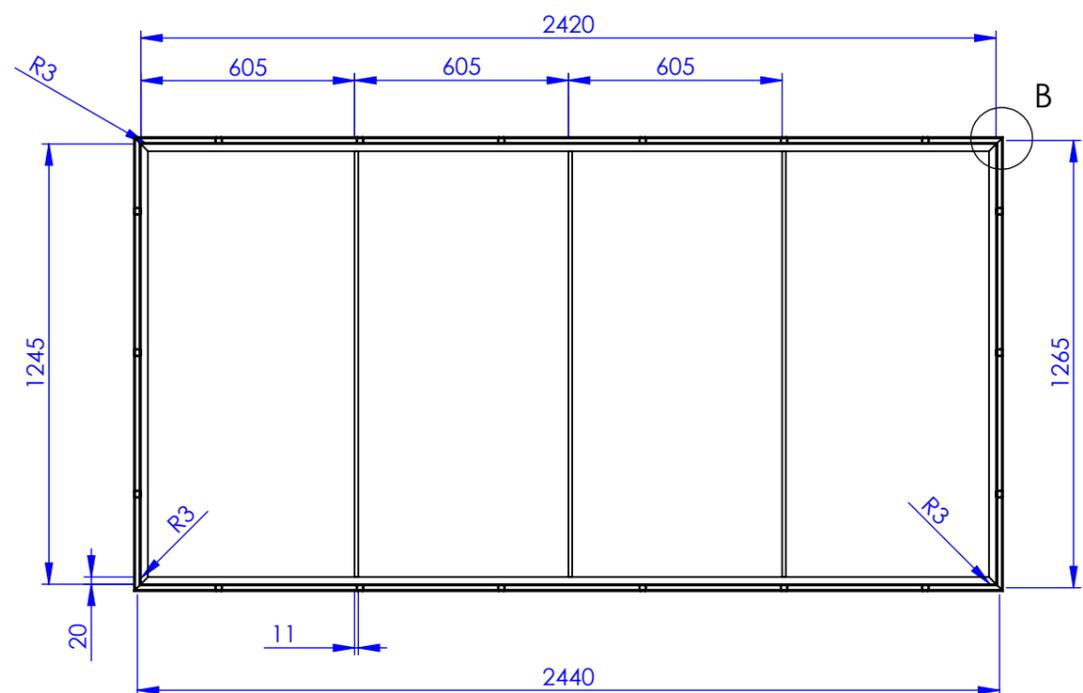
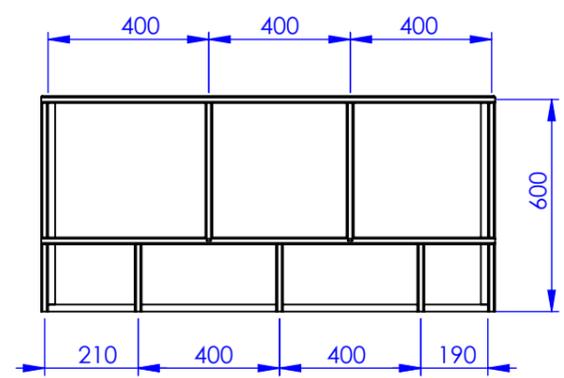
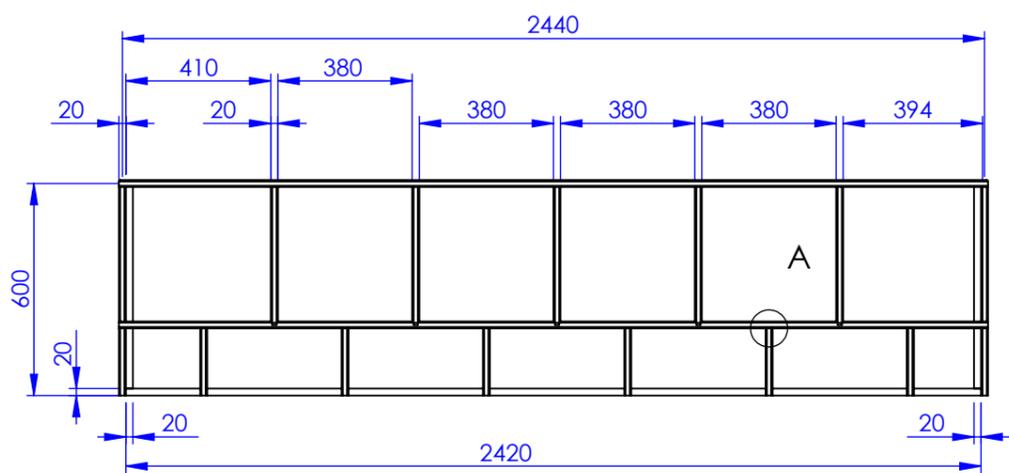
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±0,1	N/A	PVC		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
					Dibujó. 23/10/13	Pincha José	SISTEMA DE TUBERÍA	
					Revisó. 23/10/13	Ing. Mg. Guamanquispe		
					Aprobó. 23/10/13	Ing. Mg. Guamanquispe		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA			Número de Lámina: 02 de 09	Registro:
							(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±0,5	280 Kg	ACERO ASTM A36, ACERO GALVANIZADO, MADERA, FIBRA DE VIDRIO		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó.	23/10/13	Pincha José	CÁMARA DE ACABADOS PARA MUEBLES DE MADERA CON CORTINA DE AGUA	
				Revisó.	23/10/13	Ing. Mg. Guamanquispe		
				Aprobó.	23/10/13	Ing. Mg. Guamanquispe		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA			Número de Lámina : 03 de 09	Registro:
				Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)



N11



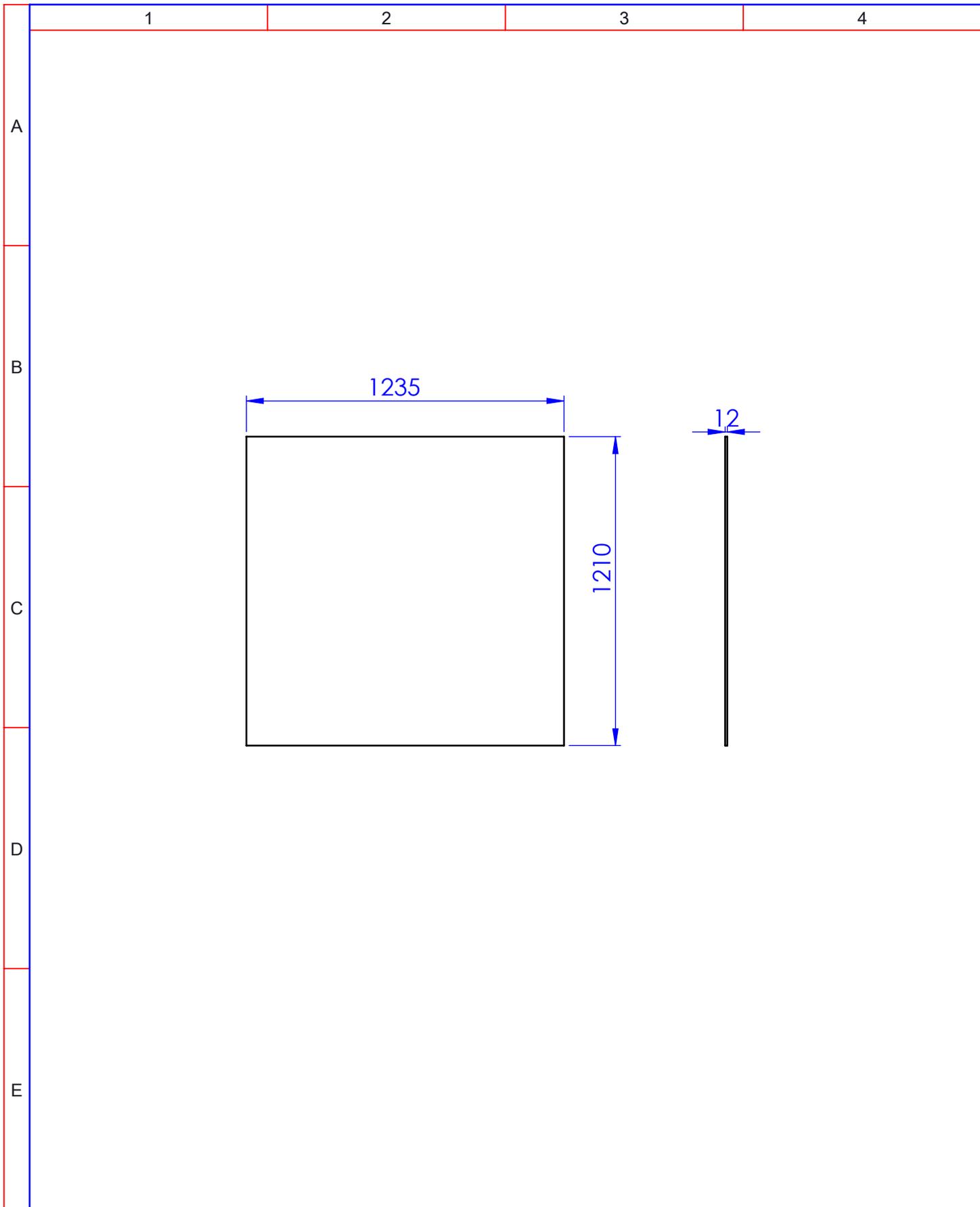
DETALLE B  
ESCALA 1 : 2

DETALLE A  
ESCALA 1 : 2  
Para todas las uniones  
soldadura con proceso SMAW  
Electrodo E60-11

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±0,1	31.5 Kg	TUBO GALVANIZADO ASTM A GRADO B 500		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
					Dibujó. 23/10/13	Pincha José	ESTRUCTURA METÁLICA DEL TANQUE DE SUCCIÓN	
					Revisó. 23/10/13	Ing.Mg. Guamanquispe		
					Aprobó. 23/10/13	Ing.Mg. Guamanquispe		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA			Número de Lámina: 04 de 09	Registro:
				Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)

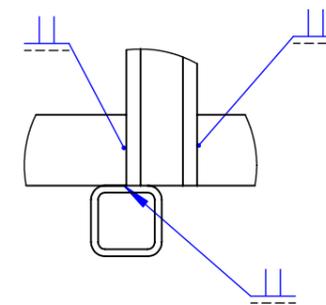
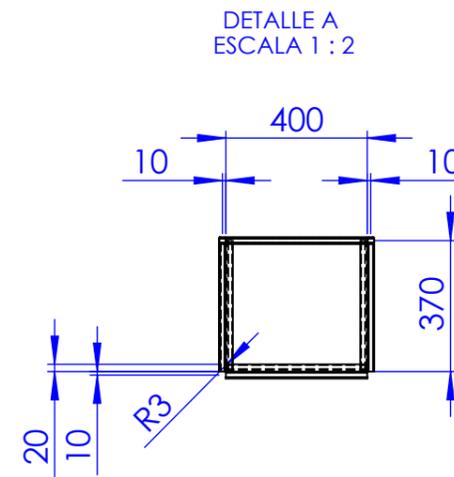
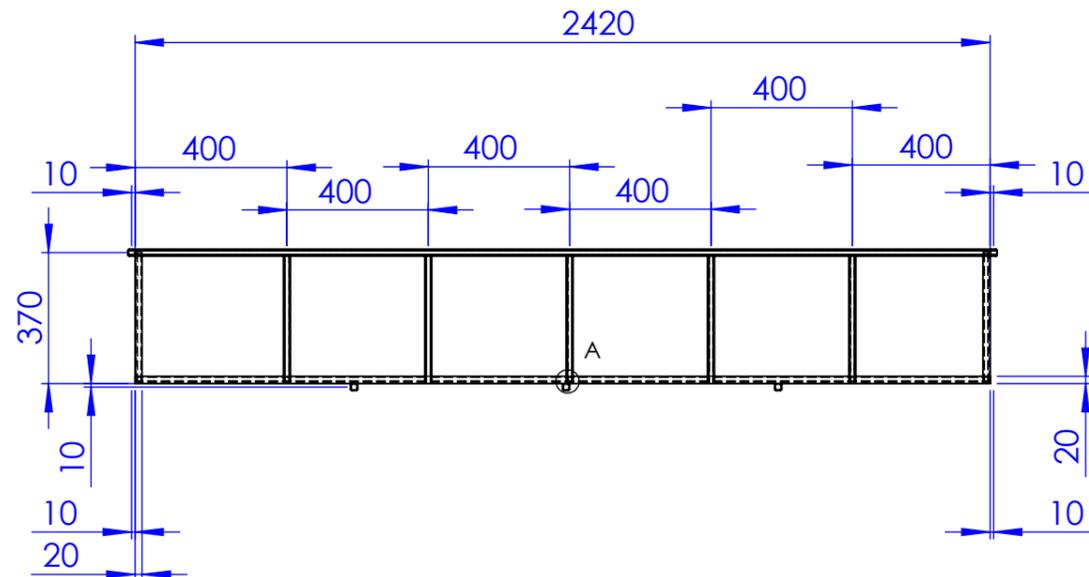
Escala:  
1:20

Registro:

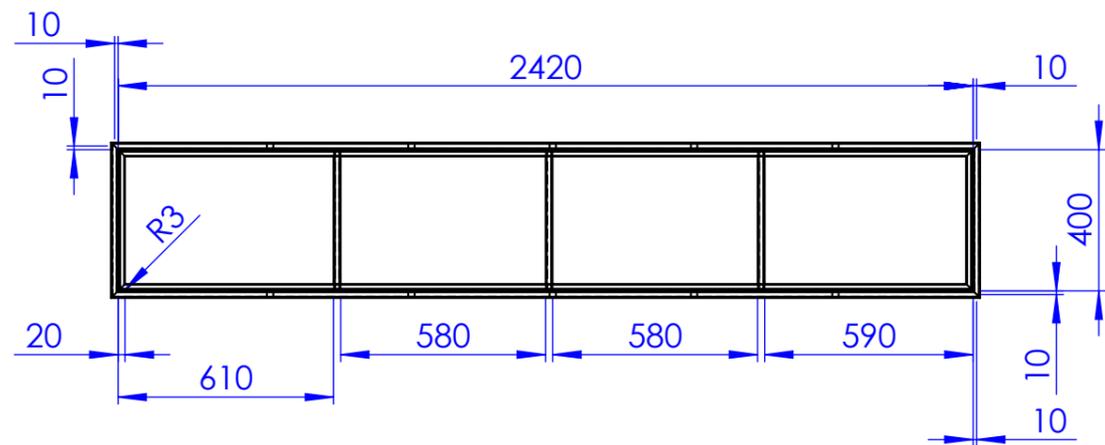


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±2	5 Kg	MADERA TRIPLEX FORRADO CON FIBRA DE VIDRIO		
				Fecha	Nombre	Denominación:  <b>PARED LATERAL</b>		Escala:
				Dibujó. 23/10/13	Pincha José			1:20
				Revisó. 23/10/13	Ing.Mg.Guamanquispe			
				Aprobó. 23/10/13	Ing.Mg.Guamanquispe	Número de Lámina: 05 de 09		Registro:
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA				(Sustitución)

N11



DETALLA A  
ESCALA 1:2  
Soldadura con proceso SMAW  
Electrodo E60-11R  
(para todas las uniones)



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±10	17,24 kg	ACERO GALVANIZADO A 500 GRADO B		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó.	23/10/13	Pincha José	ESTRUCTURA METÁLICA DEL TANQUE DE DESCARGA	
				Revisó.	23/10/13	Ing.Mg. Guamanquispe		
				Aprobó.	23/10/13	Ing.Mg. Guamanquispe		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA			Número de Lámina: 06 de 09	Registro:
				Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)



1

2

3

4

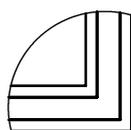
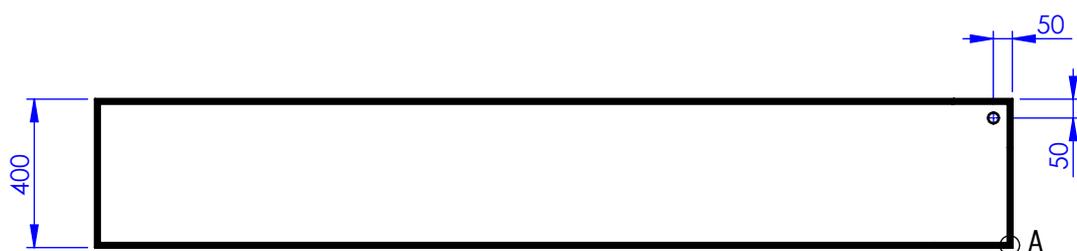
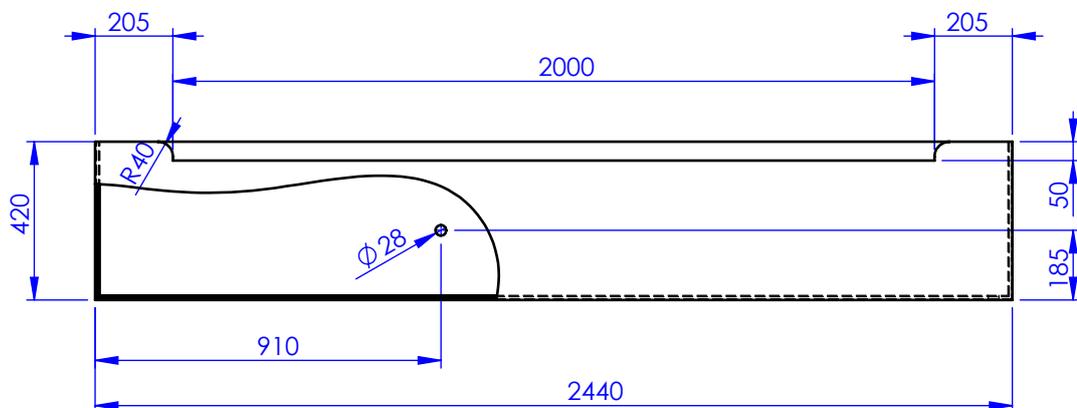
A

B

C

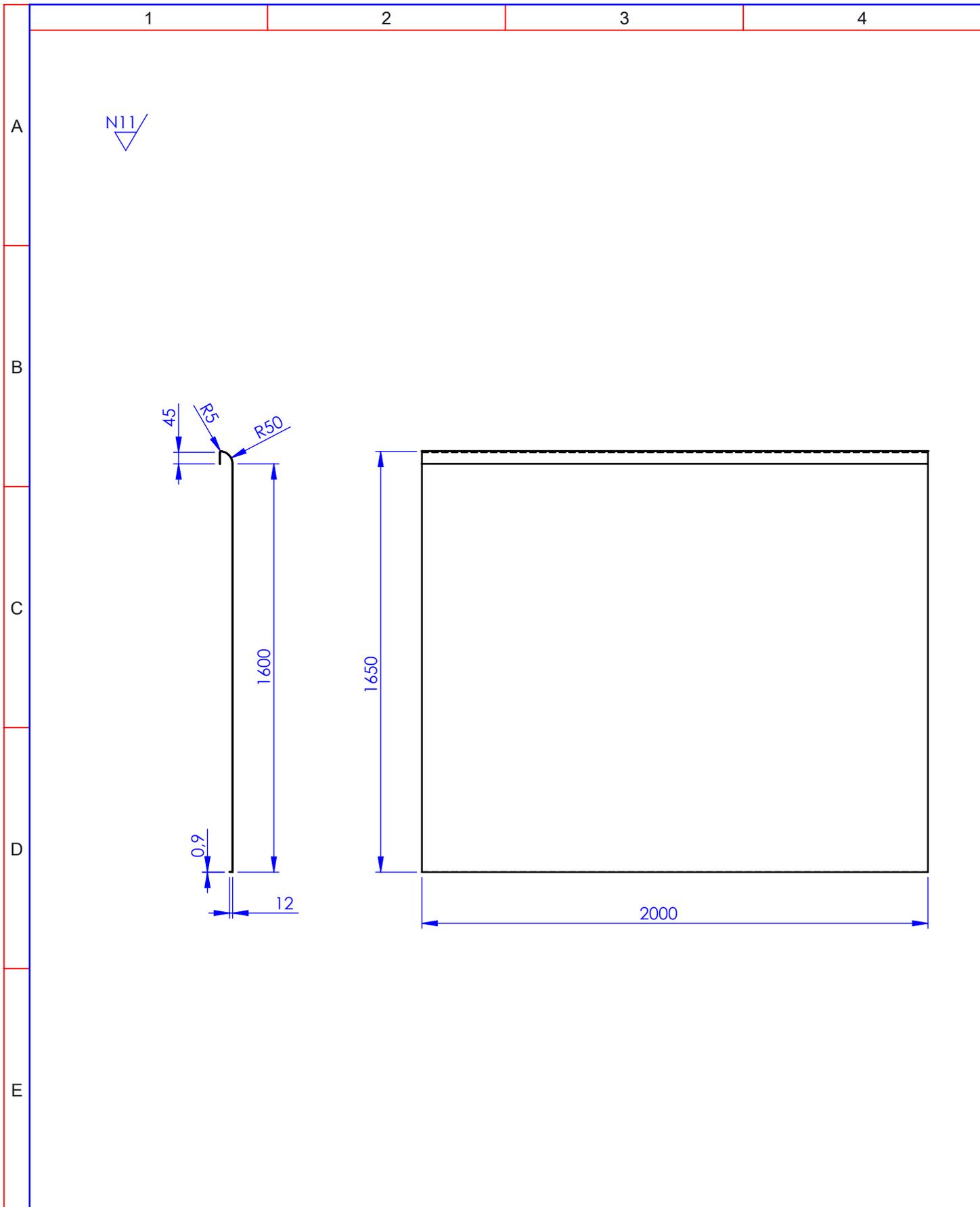
D

E

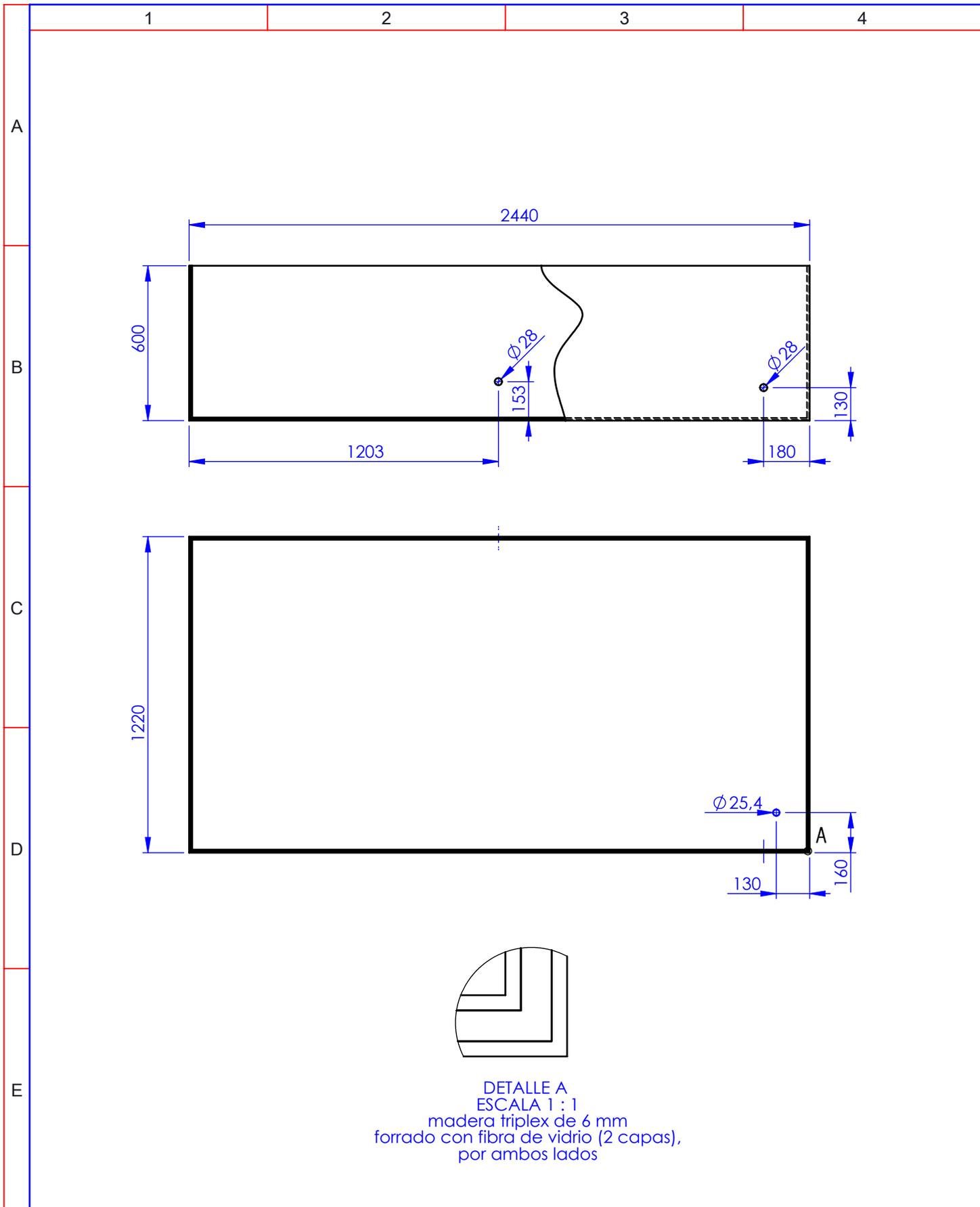


DETALLE A  
ESCALA 1 : 2  
Madera triplex forrado con fibra de vidrio  
por ambos lados

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	16,67 Kg	MADERA TRIPLEX, FIBRA DE VIDRIO	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó. 23/10/13	Pincha José	TANQUE DE DESCARGA	1:20
				Revisó. 23/10/13	Ing.Mg.Guamanquispe		
				Aprobó. 23/10/13	Ing.Mg.Guamanquispe		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número de Lámina: 07 de 09	Registro:
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±2	20 Kg	ACERO GALVANIZADO espesor = 0,9mm	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó.	23/10/13	Pincha José		
			Revisó.	23/10/13	Ing.Mg.Guamanquispe		
			Aprobó.	23/10/13	Ing.Mg.Guamanquispe	CASCADA	1:20
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número de Lámina: 08 de 09	Registro: 
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



DETALLE A  
 ESCALA 1 : 1  
 madera triplex de 6 mm  
 forrado con fibra de vidrio (2 capas),  
 por ambos lados

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	36,68 Kg	MADERA TRIPLEX, FIBRA DE VIDRIO	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó. 23/10/13	Pincha José		
				Revisó. 23/10/13	Ing.Mg.Guamanquispe		
				Aprobó. 23/10/13	Ing.Mg.Guamanquispe	TANQUE DE SUCCIÓN	1:20
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	