



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

### **INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE**

**MODALIDAD DE TESIS, PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

ESTUDIO DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL Y ERGONÓMICA DE UNA ESTACIÓN DE MANDO Y CONTROL EN TIERRA SHELTER PARA EL PERSONAL QUE MONITOREA Y CONTROLA LOS SISTEMAS DE LOS AVIONES NO TRIPULADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA

**AUTOR:** Edgar Rolando Sangucho Yanchapanta

**TUTOR:** Ing. Mg. Juan Paredes

**AMBATO – ECUADOR**

**2013**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema:

“ESTUDIO DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL Y ERGONÓMICA DE UNA ESTACIÓN DE MANDO Y CONTROL EN TIERRA SHELTER PARA EL PERSONAL QUE MONITOREA Y CONTROLA LOS SISTEMAS DE LOS AVIONES NO TRIPULADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA”, desarrollado por la señor Edgar Rolando Sangucho Yanchapanta egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y está acorde a lo establecido en el Reglamento de Graduación de Pregrado, modalidad Trabajo Estructurado de manera Independiente de la Universidad Técnica de Ambato y en el normativo para la presentación de proyectos de investigación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

Por lo tanto, autorizo la presentación del mismo para ser sometidos a la evaluación del Jurado Examinador designado por el H Consejo Directivo.

Ambato, Marzo del 2013

---

**Ing. Mg. Juan Paredes**

**Tutor del proyecto**

## **AUTORÍA DE LA TESIS**

Yo, Edgar Rolando Sangucho Yanchapanta, portador de la C.I. 1804038022 tengo a bien indicar que las ideas expuestas en el presente trabajo de investigación: “ESTUDIO DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL Y ERGONÓMICA DE UNA ESTACIÓN DE MANDO Y CONTROL EN TIERRA SHELTER PARA EL PERSONAL QUE MONITOREA Y CONTROLA LOS SISTEMAS DE LOS AVIONES NO TRIPULADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA”, así como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de mi absoluta responsabilidad.

Ambato, Marzo del 2013

## **EL AUTOR**

-----  
Edgar Rolando Sangucho Yanchapanta

C.I. 1804038022

## **DEDICATORIA**

A Dios por impulsar mis anhelos y fortalecerme espiritualmente en los momentos de crisis. A mis padres Alfredo y Martha, que me enseñaron a luchar y ser constante a nunca rendirse, a mis queridos hermanos Andrés, Janeth y Nancy, que siempre estuvieron a mi lado compartiendo momentos significativos, que me han brindado sus apoyo y la fortaleza para seguir adelante durante esta etapa tan importante de mi vida.



## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. Mg. Juan Paredes tutor de Tesis, por su incomparable ayuda, colaboración y orientación en la realización del presente trabajo investigativo. A las Autoridades y Docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por ser el ente que me formó académicamente. Al Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana por las facilidades y colaboración prestada para el desarrollo de este proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

### PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	I
AUTORÍA DE LA TESIS .....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XVIII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XXII
TERMINOLOGÍA UTILIZADA.....	XXII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XXIV
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>25</b>
<b>EL PROBLEMA .....</b>	<b>25</b>
1.1 TEMA .....	25
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	25
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN .....	25
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO .....	27
1.2.3 PROGNOSIS .....	28
1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	28
1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES .....	29
1.2.6 DELIMITACIÓN.....	29
1.2.6.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	29
1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	29

1.2.6.3 DELIMITACIÓN DE CONTENIDO.....	29
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	30
1.4 OBJETIVOS .....	31
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	31
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>32</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>32</b>
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	32
2.1.1 ANTECEDENTES .....	32
2.1.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	34
2.1.2.1 DISEÑO MECÁNICO .....	34
2.1.2.2 DISEÑO EN LA INGENIERÍA MECÁNICA .....	35
2.1.2.3 ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE PLANTAS INDUSTRIALES .....	35
2.1.2.4 IMPORTANCIA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	36
2.1.2.5 OBJETIVO DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA .....	37
2.1.2.6 DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS .....	38
2.1.2.7 CONDICIONES GENERALES PARA LA REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO DE DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS.....	39
2.1.2.8 ESTACIÓN DE TRABAJO “LAYOUT” .....	40
2.1.2.9 MÉTODOS SIMPLIFICADOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA .....	45
2.1.2.10 DIAGRAMAS DE FLUJO PARA EL RECORRIDO SENCILLO.....	47
2.1.2.11 TABLA DE RELACIÓN DE ACTIVIDADES .....	50
2.1.2.12 DIAGRAMA RELACIONAL DE RECORRIDO Y ACTIVIDADES .....	52
2.1.2.13 DIAGRAMA RELACIONAL DE ESPACIOS .....	53
2.1.2.14 OBTENCIÓN DE SOLUCIONES .....	54

2.1.2.15 ESTACIÓN DE MANDO Y CONTROL EN TIERRA (SHELTER) .....	56
2.1.2.16 VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) .....	57
2.1.2.17 SISTEMAS DE CONTROL DE VUELO .....	58
2.1.2.18 SEGMENTO TIERRA Y SEGMENTO AIRE .....	59
2.1.2.19 DISEÑO ESTRUCTURAL .....	60
2.1.2.20 ESTRUCTURA .....	60
2.1.2.21 ESTRUCTURA DE LA ESTACIÓN DE CONTROL .....	60
2.1.2.22 UNIDADES MÓVILES .....	61
2.1.2.23 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE UN BUS .....	62
2.1.2.24 ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA .....	63
2.1.2.25 ESTRUCTURA FUNCIONAL .....	64
2.1.2.26 DEFINICIÓN DE LA CARROCERÍA .....	65
2.1.2.27 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CARROCERÍA .....	71
2.1.2.28 DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LAS CARROCERÍAS .....	73
2.1.2.29 ERGONOMÍA .....	80
2.1.2.30 DEFINICIÓN DE ERGONOMÍA .....	81
2.1.2.31 OBJETIVO DE LA ERGONOMÍA .....	82
2.1.2.32 AÉREAS DE LA ERGONOMÍA .....	83
2.1.2.33 POSTURAS DE TRABAJO (SEGÚN MÉTODO REBA) .....	85
2.1.2.34 APLICACIÓN DEL MÉTODO REBA .....	86
2.1.2.35 ANTROPOMETRÍA .....	98
2.1.2.36 CÁLCULO DE LOS PERCENTILES .....	109
2.1.2.37 AMBIENTE DE TRABAJO .....	110
2.1.2.38 AMBIENTE TÉRMICO .....	111
2.1.2.39 RUIDO .....	118
2.1.2.40 SONIDO .....	119

2.1.2.41 TONO PURO.....	119
2.1.2.42 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN .....	120
2.1.2.43 EVALUACIÓN DEL RUIDO.....	122
2.1.2.44 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN .....	123
2.1.2.45 MEDICIÓN DEL NIVEL DE RUIDO .....	124
2.1.2.46 CÁLCULOS DE NIVELES DE MEDICIÓN .....	127
2.1.2.47 CÁLCULO A PARTIR DE MEDICIÓN DE DOSIS DE RUIDO.....	128
2.1.2.48 VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN Y VALORES DE EXPOSICIÓN QUE DAN LUGAR A UNA ACCIÓN.....	129
2.1.2.49 LUMINOSIDAD.....	131
2.1.2.50 GUÍAS PARA LA MEDICIÓN DE LA LUMINOSIDAD .....	131
2.1.2.51 VISIBILIDAD .....	132
2.1.2.52 NIVELES DE ILUMINACIÓN PARA TAREAS VISUALES Y ÁREAS DE TRABAJO .....	133
2.1.2.53 EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN .....	134
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL .....	140
2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES .....	141
2.5 HIPÓTESIS .....	141
2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS .....	142
2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	142
2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE .....	142
2.6.3 TERMINO DE RELACIÓN .....	142
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>143</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>143</b>
3.1 ENFOQUE.....	143
3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	143

3.2.1 BIBLIOGRÁFICA.....	143
3.2.2 DE CAMPO.....	144
3.2.3 DESCRIPTIVA.....	144
3.3 NIVEL O TIPOS DE INVESTIGACIÓN .....	144
3.3.1 EXPLORATORIA.....	144
3.3.2 DESCRIPTIVA.....	144
3.3.3 CORRELACIONAL .....	145
3.3.4 EXPLICATIVA .....	145
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	145
3.4.1 POBLACIÓN .....	145
3.4.2 MUESTRA.....	145
3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	146
3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	148
3.7 PLAN DE PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS .....	149
3.7.1 PLAN DE PROCESAMIENTO .....	149
3.7.2 PLAN DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	149
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>150</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>150</b>
4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	150
4.1.1 ENTREVISTA AL MAYOR LENIN JARA JEFE DE DEPARTAMENTO DE COMUNICACIÓN .....	153
4.1.2 ENCUESTA .....	159
4.1.3 GUÍA DE OBSERVACIÓN.....	160
4.1.4 EVALUACIÓN INTEGRAL DEL PUESTO DE TRABAJO SEGÚN EL MÉTODO REBA.....	161
4.1.4.1 PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS .....	161
4.1.5 EVALUACIÓN DE RIESGOS FÍSICOS .....	175

4.1.5.1 EVALUACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO .....	175
4.1.5.2 EVALUACIÓN DEL RUIDO.....	179
4.1.5.3 EVALUACIÓN DE LA LUMINOSIDAD .....	184
4.1.6 ANÁLISIS DE LAS CONFIGURACIONES DE LA EMCT .....	193
4.1.6.1 MEDIDAS CORPORALES .....	193
4.1.6.2 DETERMINACIÓN DEL PERCENTIL PARA LAS 8 PERSONAS INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	193
4.1.6.3 POSICIÓN DE CONFORT.....	197
4.1.6.4 DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS EN LA EMCT .....	201
4.1.6.5 DETERMINACIÓN DEL EQUIPAMIENTO Y LOS MUEBLES DE LA EMCT PARA LAS TRES ÁREAS .....	201
4.1.6.6 DIMENSIONAMIENTO DE CADA UNA DE LAS ÁREAS .....	203
4.1.6.7 SELECCIÓN DEL TIPO DE VEHÍCULO.....	205
4.1.6.8 APLICACIÓN DEL MÉTODO SLP, (PLANIFICACIÓN SISTEMÁTICA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA).....	205
4.1.6.9 SELECCIÓN DE LA MEJOR CONFIGURACIÓN MEDIANTE PONDERACIÓN .....	212
4.1.7 EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE LA CONFIGURACIÓN SELECCIONADA PARA EL DISEÑO SEGÚN EL MÉTODO REBA .....	214
4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	227
4.2.1 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ENTREVISTA, ENCUESTA Y LA GUÍA DE OBSERVACIONES .....	227
4.2.2 INTERPRETACIÓN DE LOS FACTORES ERGONÓMICOS .....	230
4.2.3 INTERPRETACIÓN DE LOS FACTORES FÍSICOS .....	231
4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS .....	231
4.3.1 MÉTODO CHI-CUADRADO .....	232
4.3.1 COMBINACIÓN DE FRECUENCIAS.....	232
4.3.2 FRECUENCIA ESPERADA .....	233
4.3.3 MODELO LÓGICO .....	233

4.3.4 NIVEL DE SIGNIFICANCIA Y REGLA DE DECISIÓN .....	233
4.3.4.1 GRADO DE LIBERTAD .....	233
4.3.4.2 GRADO DE SIGNIFICANCIA .....	234
4.3.5 CALCULO DEL CHI-CUADRADO .....	235
4.3.6 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS MEDIANTE EL MÉTODO CHI-CUADRADO.....	236
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>237</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>237</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	237
5.2 RECOMENDACIONES .....	239
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>240</b>
<b>PROPUESTA.....</b>	<b>240</b>
6.1 DATOS INFORMATIVOS .....	240
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA .....	241
6.3 JUSTIFICACIÓN.....	242
6.4 OBJETIVOS .....	242
6.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	242
6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	243
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	243
6.6 FUNDAMENTACIÓN.....	243
6.6.1 PARÁMETROS DE DISEÑO .....	243
6.6.1.1 MATERIAL A UTILIZAR .....	244
6.6.1.2 PERCENTIL A UTILIZAR.....	245
6.6.1.3 VALORACIÓN ECONOMICA.....	246
6.6.1.4 COSTO DE EQUIPAMIENTO .....	246



6.6.1.5 COSTO DE MATERIAL DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD .....	247
6.6.1.6 COSTO MANO DE OBRA .....	265
6.6.1.7 COSTOS INDIRECTOS .....	269
6.6.1.8 COSTO TOTAL DE LA EMCT .....	269
6.7 METODOLOGÍA .....	270
6.8 ADMINISTRACIÓN .....	272
6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN .....	273
BIBLIOGRAFÍA .....	274

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°2.1: SIMBOLOGÍA SEGÚN ASME .....	49
TABLA N° 2.2: TABLA DE RELACIÓN DE ACTIVIDADES.....	51
TABLA N° 2.3: CUANTIFICACIÓN DE PROXIMIDAD ENTRE ACTIVIDADES.....	52
TABLA N° 2.4: SELECCIÓN DE SOLUCIONES MEDIANTE DECISIONES MULTICRITERIO.....	55
TABLA N°2.5: CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE TRASPORTE ESCOLAR.....	62
TABLA N°2.6: PUNTUACIÓN DEL TRONCO. ....	87
TABLA N°2.7: MODIFICACIÓN DE LA PUNTUACIÓN DEL TRONCO. ....	88
TABLA N°2.8: PUNTUACIÓN DEL CUELLO.....	88
TABLA N°2.9: MODIFICACIÓN DE LA PUNTUACIÓN DEL CUELLO.....	89
TABLA N°2.10: PUNTUACIÓN DE LAS PIERNAS. ....	89
TABLA N°2.11: MODIFICACIÓN DE LA PUNTUACIÓN DE LAS PIERNAS. ....	90
TABLA N°2.12: PUNTUACIÓN DEL BRAZO. ....	91
TABLA N°2.13: MODIFICACIÓN DE LA PUNTUACIÓN DEL BRAZO. ....	91
TABLA N°2.14: PUNTUACIÓN DEL ANTEBRAZO. ....	92
TABLA N°2.15: MODIFICACIÓN DE LA PUNTUACIÓN DEL ANTEBRAZO. ....	92
TABLA N°2.16: PUNTUACIÓN DE LA MUÑECA. ....	93

TABLA N°2.17: MODIFICACIÓN DE LA PUNTUACIÓN DE LA MUÑECA. ....	93
TABLA N°2.18: PUNTUACIÓN INICIAL PARA EL GRUPO A. ....	94
TABLA N°2.19: PUNTUACIÓN INICIAL PARA EL GRUPO B.....	94
TABLA N°2.20: PUNTUACIÓN DE LA CARGA O FUERZA.....	95
TABLA N°2.21: PUNTUACIÓN DEL TIPO DE AGARRE. ....	96
TABLA N°2.22: PUNTUACIÓN C EN FUNCIÓN DE LAS PUNTUACIONES A Y B.....	96
TABLA N°2.23: PUNTUACIÓN DEL TIPO DE ACTIVIDAD MUSCULAR. ....	97
TABLA N°2.24: NIVELES DE ACTUACIÓN SEGÚN LA PUNTUACIÓN FINAL OBTENIDA. ....	97
TABLA N°2.25: MEDIDAS DE LA POBLACIÓN ECUATORIANA. ....	102
TABLA N°2.26: MEDIDAS DE LA POBLACIÓN ECUATORIANA. ....	102
TABLA N°2.27: TABLA ANTROPOMÉTRICA SEXO FEMENINO. ....	103
TABLA N°2.28: TABLA ANTROPOMÉTRICA SEXO MASCULINO.....	106
TABLA N°2.29: TABLA DE CÁLCULO DE PERCENTILES DEL MÉTODO DIRECTO.....	109
TABLA N°2.30: VALORES MEDIOS DE LAS TASAS METABÓLICAS EN FUNCIÓN DE LA ACTIVIDAD DESARROLLADA.ISO 8996. ....	114
TABLA N°2.31: VALORES DE LA CARGA TÉRMICA METABÓLICA. ....	116
TABLA N°2.32: TLV PARA LA EXPOSICIÓN AL CALOR (VALORES EN °C WBGT. ....	117
TABLA N°2.33: VALORES LIMITES DE REFERENCIA PARA EL ÍNDICE WBGT.ISO7243. ....	118
TABLA N°2.34: CONSTANTE DE TIEMPOS DE LOS SONÓMETROS. ....	121
TABLA N°2.35: DURACIÓN DEL MUESTREO. ....	126
TABLA N°2.36: EXPOSICIONES PERMISIBLES. ....	130
TABLA N°2.37: TIEMPOS MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN AL RUIDO.....	130
TABLA N°2.38: NIVELES DE ILUMINACIÓN. ....	133
TABLA N°2.39: RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE ÁREA Y EL NÚMERO DE ZONA DE MEDICIÓN. ....	136
TABLA N°2.40: NIVELES PERMISIBLES DEL FACTOR DE REFLECCION. ....	139
TABLA N°3.1: OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE INDEPENDIENTE.....	146

TABLA Nº 3.2. OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE DEPENDIENTE. ....	147
TABLA Nº 4.1: TIEMPO DE OPERACIÓN POR SEMANAS AERONAVE 1 (UAV-0). ....	155
TABLA Nº 4.2: TIEMPO DE OPERACIÓN POR SEMANAS AERONAVE 2 (UAV-1). ....	156
TABLA Nº 4.3: TIEMPO DE OPERACIÓN POR SEMANAS DEL SHELTER. ....	156
TABLA Nº 4.4: MATRIZ DE PONDERACIÓN. ....	158
TABLA Nº 4.5: PONDERACIÓN DE CRITERIOS. ....	159
TABLA Nº 4.6: GUÍA DE ENCUESTA. ....	159
TABLA Nº 4.7: GUÍA DE OBSERVACIÓN. ....	160
TABLA Nº4.8: PUNTUACIÓN INICIAL PARA EL GRUPO A. ....	164
TABLA Nº4.9: PUNTUACIÓN INICIAL PARA EL GRUPO B.....	165
TABLA Nº4.10: PUNTUACIÓN DEL TIPO DE AGARRE. ....	165
TABLA Nº4.11: PUNTUACIÓN C EN FUNCIÓN DE LAS PUNTUACIONES A Y B.....	166
TABLA Nº4.12: PUNTUACIÓN DEL TIPO DE ACTIVIDAD MUSCULAR. ....	166
TABLA Nº4.13: NIVELES DE ACTUACIÓN SEGÚN LA PUNTUACIÓN FINAL OBTENIDA. ....	167
TABLA Nº 4.14: RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO LADO DERECHO EMCT ACTUAL.....	168
TABLA Nº4.15: PUNTUACIÓN INICIAL PARA EL GRUPO A. ....	170
TABLA Nº4.16: PUNTUACIÓN INICIAL PARA EL GRUPO B.....	171
TABLA Nº4.17: PUNTUACIÓN DEL TIPO DE AGARRE. ....	171
TABLA Nº4.18: PUNTUACIÓN C EN FUNCIÓN DE LAS PUNTUACIONES A Y B.....	172
TABLA Nº4.19: PUNTUACIÓN DEL TIPO DE ACTIVIDAD MUSCULAR. ....	172
TABLA Nº4.20: NIVELES DE ACTUACIÓN SEGÚN LA PUNTUACIÓN FINAL OBTENIDA. ....	173
TABLA Nº 4.21: RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO LADO IZQUIERDO EMCT ACTURAL. ....	174
TABLA Nº 4.22: MEDIDOR DE TEMPERATURA. ....	175
TABLA Nº 4.23: RESULTADO DEL AMBIENTE TÉRMICO (MÉTODO WBGT). ....	178
TABLA Nº 4.24: SONÓMETRO. ....	179

TABLA Nº 4.25: MEDICIÓN DE RUIDO ALEATORIO.....	180
TABLA Nº 4.26: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DEL RUIDO FLUCTUANTE.....	183
TABLA Nº 4.27: LUXÓMETRO DIGITAL. ....	184
TABLA Nº 4.28: MUESTRA DE MEDICIÓN CON LÁMPARAS APAGADAS PUERTA ABIERTA. ....	186
TABLA Nº 4.29: MUESTRA DE MEDICIÓN CON LÁMPARAS ENCENDIDA PUERTA CERRADA. ....	187
TABLA Nº 4.30: MUESTRA DE MEDICIÓN CON LÁMPARAS ENCENDIDA PUERTA ABIERTA. ....	187
TABLA Nº 4.31: MUESTRA DE MEDICIÓN CON LÁMPARAS APAGADAS PUERTA CERRADA.....	187
TABLA Nº 4.32: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE LA LUMINOSIDAD LÁMPARAS APAGADAS, PUERTA ABIERTA. ....	189
TABLA Nº 4.33: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE LA LUMINOSIDAD LÁMPARAS ENCENDIDAS, PUERTA CERRADA. ....	190
TABLA Nº 4.34: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE LA LUMINOSIDAD LÁMPARAS ENCENDIDAS, PUERTA ABIERTA. ....	191
TABLA Nº 4.35: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE LA LUMINOSIDAD LÁMPARAS APAGADAS, PUERTA CERRADA. ....	192
TABLA Nº 4.36: ESTATURAS DEL PERSONAL QUE OPERAN EN LA ESTACIÓN DE CONTROL.....	194
TABLA Nº 4.37: DATOS PARA EL CÁLCULO DEL PERCENTIL DE ESTATURA.....	194
TABLA Nº 4.38: CÁLCULO DEL PERCENTIL SEGÚN LAS ESTATURAS. ....	194
TABLA Nº 4.39: RESULTADOS DE LAS ESTATURAS OBTENIDAS SEGÚN EL PERCENTIL.....	195
TABLA Nº 4.40: DATOS PARA EL CÁLCULO DEL PERCENTIL DE PESO. ....	195
TABLA Nº 4.41: CÁLCULO DEL PERCENTIL SEGÚN LOS PESOS. ....	195
TABLA Nº 4.42: RESULTADOS DE LOS PESOS OBTENIDAS SEGÚN EL PERCENTIL.....	196
TABLA Nº 4.43: MEDIDAS CORPORALES DE LOS OPERADORES CON PERCENTIL 95. ....	196
TABLA Nº 4.44: DIMENSIONES PARA EL PUESTO DE TRABAJO SENTADO.....	198
TABLA Nº 4.45: DIMENSIONES PARA EL ÁREA DE TRABAJO.....	198
TABLA Nº 4.46: ÁNGULOS DE CONFORT. ....	199
TABLA Nº 4.47: ÁNGULOS DE VISIÓN AL TABLERO DE MANDO.....	200
TABLA Nº 4.48: EQUIPAMIENTO DE LA EMCT.....	201

TABLA Nº 4.49: ÁREA DE EQUIPOS.....	203
TABLA Nº 4.50: ÁREA DE TRABAJO OFICINA. ....	203
TABLA Nº 4.51: ÁREA DE BODEGA. ....	204
TABLA Nº 4.52: ÁREA REQUERIDA PARA LA EMCT.....	204
TABLA Nº 2.53: CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE ESCOLAR.....	205
TABLA Nº 4.54: DATOS DEL RECORRIDO DEL PERSONAL PARA PRUEBAS DE VUELO. ....	207
TABLA Nº 4.55: TABLA DE RELACIÓN DE ACTIVIDADES.....	209
TABLA Nº 4.56: CUANTIFICACIÓN DE PROXIMIDAD ENTRE ACTIVIDADES.....	210
TABLA Nº 4.57: SELECCIÓN DE SOLUCIONES MEDIANTE DECISIONES MULTICRITERIO.....	213
TABLA Nº 4.58: PUNTUACIÓN INICIAL PARA EL GRUPO A. ....	216
TABLA Nº 4.59: PUNTUACIÓN INICIAL PARA EL GRUPO B.....	217
TABLA Nº 4.60: PUNTUACIÓN DEL TIPO DE AGARRE. ....	217
TABLA Nº 4.61: PUNTUACIÓN C EN FUNCIÓN DE LAS PUNTUACIONES A Y B.....	218
TABLA Nº 4.62: PUNTUACIÓN DEL TIPO DE ACTIVIDAD MUSCULAR. ....	218
TABLA Nº 4.63: NIVELES DE ACTUACIÓN SEGÚN LA PUNTUACIÓN FINAL OBTENIDA. ....	219
TABLA Nº 4.21: RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO LADO DERECHO EMCT SELECCIÓN OPTIMA DE DISEÑO. ....	220
TABLA Nº 4.64: PUNTUACIÓN INICIAL PARA EL GRUPO A. ....	222
TABLA Nº 4.65: PUNTUACIÓN INICIAL PARA EL GRUPO B.....	223
TABLA Nº 4.66: PUNTUACIÓN DEL TIPO DE AGARRE. ....	223
TABLA Nº 4.67: PUNTUACIÓN C EN FUNCIÓN DE LAS PUNTUACIONES A Y B.....	224
TABLA Nº 4.68: PUNTUACIÓN DEL TIPO DE ACTIVIDAD MUSCULAR. ....	224
TABLA Nº 4.69: NIVELES DE ACTUACIÓN SEGÚN LA PUNTUACIÓN FINAL OBTENIDA. ....	224
TABLA Nº 4.70: RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO LADO IZQUIERDO EMCT SELECCIÓN OPTIMA DE DISEÑO.....	226
TABLA Nº 4.71: RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS FACTORES ERGONÓMICOS. ....	230
TABLA Nº 4.72: RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS FACTORES ERGONÓMICOS. ....	231

TABLA N° 4.73. COMBINACIÓN DE FRECUENCIAS. ....	232
TABLA N° 4.74. FRECUENCIA ESPERADA. ....	233
TABLA N° 4.75: VALORES CRÍTICOS DE CHI-CUADRADO. ....	234
TABLA N° 4.76: CALCULO DEL CHI-CUADRADO. ....	235
TABLA N° 6.1: COSTO DE EQUIPAMIENTO. ....	246
TABLA N° 6.2: MATERIALES ESTRUCTURALES. ....	261
TABLA N° 6.3: COSTO DE LOS MATERIALES ....	262
TABLA N° 6.4: RESUMEN DEL DIAGRAMA DE PROCESO. ....	265
TABLA N° 6.5: TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DEL CYTY PREMIER. ....	266
TABLA N° 6.6: COSTO DE CONSTRUCCIÓN DEL CYTY PREMIER. ....	267
TABLA N° 6.7: SALARIOS BÁSICOS. ....	267
TABLA N° 6.8: COSTO MANO DE OBRA AÑO 2013. ....	268
TABLA N° 6.9: COMPARACIÓN DE MATERIALES. ....	268
TABLA N° 6.10: CAPACIDAD NÚMERO DE PASAJEROS. ....	268
TABLA N° 6.11: POSICIÓN Y NÚMERO DE PUERTAS. ....	269
TABLA N° 6.12: COSTO DE LA UNIDAD. ....	269
TABLA N° 6.13: DIMENSIONAMIENTO DE LA EMCT. ....	270
TABLA N° 6.14: MATERIALES ESTRUCTURALES. ....	270
TABLA N° 6.15: PUESTO DE TRABAJO SENTADO. ....	272
TABLA N°6.16: ÁNGULOS DE VISIÓN AL TABLERO DE MANDO. ....	272
TABLA N°6.17: COSTO DE LA INVESTIGACIÓN. ....	273

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 2.1: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA. ....	41
FIGURA N° 2.2: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA BASAD EN EL PRODUCTO. ....	42
FIGURA N° 2.3: DISTRIBUCIÓN BASADA EN EL PROCESO. ....	43

FIGURA N° 2.4: DISTRIBUCIÓN POR GRUPOS AUTÓNOMOS DE TRABAJO.....	44
FIGURA N° 2.5: FASES DEL SLP. ....	47
FIGURA N° 2.6: DIAGRAMA RELACIONAL DE RECORRIDOS Y ACTIVIDADES. ....	53
FIGURA N° 2.7: DIAGRAMA RELACIONAL DE ESPACIOS. ....	53
FIGURA N° 2.8: SHELTER SOBRE VEHÍCULO DE TRANSPORTE.....	56
FIGURA N° 2.9: SHELTER DE TRANSMISIONES COMPATIBLE CON EL VEHÍCULO DE TRANSPORTE HUMMER.....	57
FIGURA N° 2.10: FOTOS DE ALGUNOS UAVS ESPAÑOLES. ....	58
FIGURA N° 2.11: INTERFAZ CON EL USUARIO SEGMENTO TIERRA-AIRE.....	59
FIGURA N° 2.12: ESTACIÓN DE CONTROL EN TIERRA MÓVIL.....	61
FIGURA N° 2.13: ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA.....	63
FIGURA N° 2.14: ESTRUCTURA FUNCIONAL.....	64
FIGURA N° 2.15: UNIÓN DE LA CARROCERÍA AL BASTIDOR DEL CHASIS.....	65
FIGURA N° 2.16: ESTRUCTURA DEL PISO.....	66
FIGURA N° 2.17: ESTRUCTURA LATERAL.....	67
FIGURA N° 2.18: ESTRUCTURA DEL TECHO.....	68
FIGURA N° 2.19: ESTRUCTURA DELANTERO.....	68
FIGURA N° 2.20: ESTRUCTURA POSTERIOR.....	69
FIGURA N° 2.21: EJEMPLO DE UN ALOJAMIENTO PARA RUEDAS.....	70
FIGURA N° 2.22: ESTRUCTURA DE REFUERZO DEL RECUBRIMIENTO EXTERNO.....	70
FIGURA N° 2.23: ESTRUCTURA DE REFUERZO DEL RECUBRIMIENTO INTERNO.....	71
FIGURA N° 2.24:: POSICIÓN DEL TRONCO.....	87
FIGURA N° 2.25: POSICIÓN QUE MODIFICA LA PUNTUACIÓN DEL TRONCO.....	87
FIGURA N° 2.26: POSICIÓN DEL CUELLO.....	88
FIGURA N° 2.27: POSICIÓN QUE MODIFICA LA PUNTUACIÓN DEL CUELLO.....	88
FIGURA N° 2.28: POSICIÓN DE LAS PIERNAS.....	89

FIGURA N° 2.29: ÁNGULO DE FLEXIÓN DE LAS PIERNAS.....	90
FIGURA N° 2.30: POSICIÓN DEL BRAZO.....	90
FIGURA N° 2.31: POSICIÓN QUE MODIFICA LA PUNTUACIÓN DEL BRAZO.....	91
FIGURA N° 2.32: POSICIÓN DEL ANTE BRAZO.....	92
FIGURA N° 2.33: POSICIÓN QUE MODIFICA LA PUNTUACIÓN DEL ANTEBRAZO.....	92
FIGURA N° 2.34: POSICIÓN DE LA MUÑECA.....	93
FIGURA N° 2.35: TORSIÓN O DESVIACIÓN DE LA MUÑECA.....	93
FIGURA N° 2.36: FLUJO DE OBTENCIÓN DE PUNTUACIONES EN EL MÉTODO.....	98
FIGURA N° 2.37: ANTROPOMETRÍA.....	99
FIGURA N° 2.38: DIMENSIONES HUMANAS DE MAYOR USO PARA EL DISEÑADOR DE ESPACIOS INTERIORES.....	101
FIGURA N° 2.39: ÍNDICES DE VALORACIÓN DE AMBIENTE TÉRMICO.....	112
FIGURA N° 2.40: VALORES LIMITES DEL ÍNDICE WBGT (ISO 7243).....	114
FIGURA N° 2.41: VALORES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN AL CALOR.....	117
FIGURA N° 2.42: SONÓMETRO.....	120
FIGURA N° 2.43: VALORES DE EXPOSICIÓN.....	129
FUENTE: NORMA MEXICANA. NOM-025-STPS-2008.CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO.....	139
FIGURA 2.44: CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	141
FIGURA N° 4.1. TIEMPO DE OPERACIÓN POR SEMANAS AERONAVE 1 (UAV-0).....	155
FIGURA N° 4.2. TIEMPO DE OPERACIÓN POR SEMANAS AERONAVE 2 (UAV-1).....	156
FIGURA N° 4.3. TIEMPO DE OPERACIÓN POR SEMANAS DEL SHELTER.....	157
FIGURA N° 4.4. EVALUACIÓN ERGONÓMICA LADO DERECHO EMCT ACTUAL.....	163
FIGURA N° 4.5: FLUJO DE OBTENCIÓN DE PUNTUACIONES EN EL MÉTODO LADO DERECHO EMCT ACTUAL.....	167
FIGURA N° 4.6. EVALUACIÓN ERGONÓMICA LADO IZQUIERDO EMCT ACTUAL.....	169
FIGURA N° 4.7: FLUJO DE OBTENCIÓN DE PUNTUACIONES EN EL MÉTODO LADO IZQUIERDO EMCT ACTUAL.....	173



FIGURA N° 4.8: MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA.....	176
FIGURA N° 4.9: MEDICIÓN DEL RUIDO.....	180
FIGURA N° 4.10: NÚMERO DE PUNTOS A EVALUAR.....	185
FIGURA N° 4.11: MEDICIÓN DE LA LUMINOSIDAD.....	185
FIGURA N° 4.12: PUESTO DE TRABAJO SENTADO.....	197
FIGURA N° 4.13: ÁREA DE TRABAJO.....	198
FIGURA N° 4.14: ÁNGULOS DE CONFORT.....	199
FIGURA N° 4.15: ÁNGULOS DE VISIÓN AL TABLERO DE MANDO.....	200
FIGURA N° 4.13: DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS.....	201
FIGURA N° 4.16: DIMENSIONAMIENTO DE LAS ÁREAS.....	205
FIGURA N° 4.17: DIAGRAMA.....	206
FIGURA N° 4.18: DIAGRAMA DE RECORRIDO SENCILLO.....	208
FIGURA N° 4.19: DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LA EMCT ACTUAL.....	210
FIGURA N° 4.20: DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LA EMCT SOLUCIÓN 1.....	211
FIGURA N° 4.21: DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LA EMCT SOLUCIÓN 2.....	211
FIGURA N° 4.22: DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LA EMCT SOLUCIÓN 3.....	212
FIGURA N° 4.23: DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LA EMCT SOLUCIÓN 4.....	212
FIGURA N° 4.24. EVALUACIÓN ERGONÓMICA LADO DERECHO EMCT SOLUCIÓN OPTIMA.....	215
FIGURA N° 4.25: FLUJO DE OBTENCIÓN DE PUNTUACIONES EN EL MÉTODO LADO DERECHO EMCT SOLUCIÓN OPTIMA.....	219
FIGURA N° 4.26. EVALUACIÓN ERGONÓMICA LADO IZQUIERDO EMCT SOLUCIÓN OPTIMA.....	221
FIGURA N° 4.27: FLUJO DE OBTENCIÓN DE PUNTUACIONES EN EL MÉTODO LADO IZQUIERDO EMCT SOLUCIÓN OPTIMA.....	225
FIGURA N° 4.28: MATRIZ DE PONDERACIÓN.....	227
FIGURA N° 6.1: DIAGRAMA DE FLUJO RECEPCIÓN, PREPARACIÓN DEL CHASIS Y MATERIAL.....	251
FIGURA N° 6.2: DIAGRAMA DE FLUJO ÁREA DE ESTRUCTURA.....	252
FIGURA N° 6.3: DIAGRAMA DE FLUJO ÁREA DE ENSAMBLE.....	254

FIGURA N° 6.4: DIAGRAMA DE FLUJO LIMPIEZA DE ESTRUCTURA Y PINTADO DE PROTECCIÓN.	255
FIGURA N° 6.5: DIAGRAMA DE FLUJO FORRADO DE EXTERIORES. ....	256
FIGURA N° 6.6: DIAGRAMA DE FLUJO FORRADO INTERIOR. ....	257
FIGURA N° 6.7: DIAGRAMA DE FLUJO PINTADO EXTERIOR. ....	258
FIGURA N° 6.8: DIAGRAMA DE FLUJO CONEXIONES ELÉCTRICAS. ....	259
FIGURA N° 6.9: DIAGRAMA DE FLUJO ENSAMBLADO DE VENTANAS. ....	260

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. FICHA PARA LA ENTREVISTA. ....	278
ANEXO 2. FICHA PARA LA ENCUESTA. ....	279
ANEXO 3. GUÍA DE OBSERVACIÓN. ....	280
ANEXO 4. PLANOS DE LA ESTRUCTURA DE LA EMCT. ....	281
ANEXO 5. HOJA TÉCNICA DE CHASIS WOLSKVAGEN 9-150. ....	292
ANEXO 6. FICHA TÉCNICA DE LA ESTACIÓN DE MANDO Y CONTROL EN TIERRA. ....	295
ANEXO 7. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL LUXÓMETRO. ....	297
ANEXO 8. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL SONÓMETRO TIPO 2. ....	299
ANEXO 9. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR DE TEMPERATURA. ....	300

## TERMINOLOGÍA UTILIZADA

**UAV:** Vehículo Aéreo no Tripulado (Unmanned Aerial Vehicle)

**EMCT:** Estación de Mando y Control en Tierra o Shelter.

**SKY:** Estación de Seguimiento.

**NTE:** Norma Técnica Ecuatoriana.

**INEN:** Instituto Ecuatoriano de Normalización.

**REBA:** Evaluación Rápida de las Extremidades Superiores.

**PVD:** Puestos de Pantallas de Visualización de Datos.

**INSHT:** Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

**UPS:** Sistema de respaldo de energía.

**RACK:** Soporte metálico destinado a alojar equipamiento electrónico.

**PRC:** Piloto de Radio Control.

**Luxómetro:** Medidor de la iluminación.

**Sonómetro:** Medidor del ruido.

**Termocupla:** Medidor de la temperatura.

**CIDFAE:** Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana

Layout: Esquema de distribución de los elementos dentro un diseño.

**SLP:** Planificación Sistemática de Distribución en Planta.

**ASME:** American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).

**WBGT:** Wet Bulb Globe Temperatura. Valoración de Riesgo de Estrés Térmico.

**IEC:** International Electrotechnical Commission. (La Comisión Electrotécnica Internacional).

**RPV:** Vehículos Remotamente Piloteados.

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

ESTUDIO DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL Y ERGONÓMICA DE  
UNA ESTACIÓN DE MANDO Y CONTROL EN TIERRA SHELTER PARA  
EL PERSONAL QUE MONITOREA Y CONTROLA LOS SISTEMAS DE LOS  
AVIONES NO TRIPULADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y  
DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA

**Autor:** Edgar Rolando Sangucho Yanchapanta.

**Tutor:** Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas.

**Fecha:** Abril 02, del 2013

**RESUMEN EJECUTIVO**

La investigación se basa tanto en características estructurales como en las ergonómicas de una estación de monitoreo y control de los sistemas de los aviones no tripulados, para poder determinar las condiciones en las que realizan sus actividades los operadores, de esta manera poder evaluar los riesgos físicos y ergonómicos.

Con el método REBA se pudo determinar las condiciones ergonómicas del puesto de trabajo actuales en las que los operadores realizan sus actividades, mediante la Planificación Sistemática de Distribución en Planta se realizó la selección de la mejor configuración ergonómica de la estación, la cual cumple con los requerimientos solicitados por la entidad y se realizó la evolución ergonómica del puesto de trabajo seleccionado mediante el método REBA, con lo cual se seleccionó el tipo chasis con esto se realizó el diseño estructural de la unidad comprendido con los planos de apoyo, piso, lateral izquierdo, lateral derecho, frente, respaldo y techo.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 TEMA**

ESTUDIO DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL Y ERGONÓMICA DE UNA ESTACIÓN DE MANDO Y CONTROL EN TIERRA SHELTER PARA EL PERSONAL QUE MONITOREA Y CONTROLA LOS SISTEMAS DE LOS AVIONES NO TRIPULADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

##### **1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN**

Un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV: Unmanned Aerial Vehicle) es un vehículo controlado autónomamente o desde tierra conocidos como Shelter utilizando planos de vuelo programados, una estación de mando y control en tierra (EMCT) aloja los sistemas y a los operadores, contiene las interfaces entre el operador y el resto del sistema que permite que el UAV continúe en funcionamiento.

Existe un interés general por el control no tripulado de vehículos, ya que en los últimos años se han ido desarrollado muchos proyectos relacionados con este tema, en la actualidad internacionalmente los países desarrollados que apuestan por esta tecnología principalmente son EEUU, Japón y Australia, que los utilizan en otros campos además del militar, como puede ser el uso civil en el caso de Australia para fines de evaluación medioambiental o en el campo de investigación

científica promovido por NASA (EEUU). En estos países al usar este tipo de monitoreo y control en tierra a los UAV las aplicaciones cada día son mayores en tareas que implican algún tipo de dificultad o riesgo para vehículos convencionales tripulados por personas, como son la detección de incendios, la identificación de manchas de petróleo en el mar, el seguimiento del tráfico, la inspección de líneas de tendido eléctrico, etc. Todo lo anterior se ha visto reflejado en reducciones de pérdidas económicas, humanas, un aumento de seguridad lo que sin duda ha permitido el crecimiento y el desarrollo de estos países.

Los países sub desarrollados de Sudamérica que están realizando este tipo de tecnología son Argentina, Brasil, Perú, Chile y Ecuador viendo la necesidad de facilitar la vigilancia han recurrido al estudio de estos sistemas denominados UAVs controlados mediante una estación de mando y control en tierra por lo que los beneficiados no serán simplemente designados al campo militar sino también al civil con la detección de incendios, entrega de alimentos en lugares de desastres esto provocaría una reducción de pérdidas tanto humanas como económicas, aumentando la seguridad, un mejor estilo de vida y previniendo desastres naturales, pero el país latino americano que más ha progresado en este tipo de tecnología es la Brasileña con UAVs específicos para el empleo en la industria del petróleo y gas en el mar, el proyecto, denominado caracará III, de la empresa carioca santos lab, tendrá como objetivo atender las necesidades de control y vigilancia de grandes áreas de los campos petrolíferos brasileños.

En el Ecuador no existe investigación al respecto debido a nuestro país es consumista en tecnología, la entidad que ha iniciado este tipo de proyecto es el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CID-FAE) desde hace cuatro años apoyados directamente por el gobierno la cual cuenta con un proyecto denominado Plataforma de Gran Altitud (PGA) y los Vehículo Aéreo no Tripulado (UAVs), en la actualidad el proyecto PGA se encuentra en una etapa denominado validación la cual cuenta con su propia estación de mando y control en tierra, mientras que el proyecto UAV se encuentra en la etapa de construcción de prototipos de aeronaves, para lo cual requieren de una estación de control en

tierra que es necesario para realizar las pruebas de vuelo y poder monitorear los sistemas de estos prototipos.

### **1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO**

Actualmente el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana desarrolla prototipos de aeronaves UAVs los mismos que están siendo piloteadas mediante un control remoto a corta distancia debido a que el ojo humano tiene alcance limitado, esto provoca caídas, destrucción de la aeronaves por pérdidas de señal al no contar con un control a tierra Shelter que monitoree todos los sistemas del UAVs.

EL Shelter que se encuentra en el CID-FAE es diseñado para el monitoreo de los dirigibles por lo que no sería recomendable modificar ya que este cumple con otras funciones con diferentes equipos, además la distribución de espacios es inadecuado, el sistema de ventilación, aire acondicionado no son los adecuados por lo que los operadores se sienten inconformes en el lugar, los equipos sufren recalentamientos por lo tanto no trabajan a su capacidad máxima, también su estructura no protege de agentes externos como son de lluvias, humedad, es decir existe filtraciones de agua con lo que esto puede provocar corto circuitos al poner en contacto con los equipos que se encuentran en funcionamiento, existe problemas de visibilidad debido a que el Shelter no cuenta con una buena iluminación artificial y carece de iluminación natural, todo esto ha provocado que los sistemas fallen incluso llegando a pérdidas de enlace entre la estación y los dirigibles ocasionando caídas de los mismos, causando daños a propiedad privada, contaminando el medio ambiente.

Los cambios se deben orientarse a la construcción de una nueva estación móvil de control específicamente para los UAVs con los requerimientos adecuados y equipamientos designados concretamente para el control y monitoreo de las aeronaves con lo que los beneficiados van a ser el personal del CID-FAE directamente los operadores de las naves a contar con una infraestructura que garantice comodidad, seguridad al momento de realizar las pruebas de vuelo de

los aviones, reduciendo las pérdidas económicas por caídas de aeronaves con lo cual evitaran problemas legales.

### **1.2.3 PROGNOSIS**

Si el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana no realiza la adquisición de un Shelter específicamente para el control de los UAVs va a tener problemas con el personal que opera y monitorea las aeronaves debido a la incomodidad ya que el ambiente en el que trabajan no es el apropiado, esto ocasionará que el rendimiento intelectual del personal se vea reducido por lo que no se encontraran alerta a los cambios que produce la aeronave.

También se verán afectados todos los equipos que se encuentran en el interior del Shelter ya que estos al no contar con un ambiente controlado de temperatura, humedad transmitirán y recibirán datos erróneos produciendo que las aeronaves tomen rutas diferentes a las establecidas, al no contar con una buena ubicación y al estar colocados en una estructura inapropiada los equipos se deterioraran en menor tiempo, ya que estos deben estar ensamblados en una buena estructura para ser transportados a lugares requeridos por el CID-FAE para que puedan realizar sus pruebas de vuelo.

El proyecto al no ser presentados a tiempo ante las autoridades competentes puede existir retiro o disminución de presupuesto esto acusará problemas con el personal al no cumplir con sus contratos, con lo que los trabajadores no se sentirán a gusto en sus actividades de monitoreo y control de los aviones, incluso se verán obligados a retirar de sus puestos de trabajo.

### **1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Qué tipo de configuración estructural y ergonómica evitará la incomodidad en el personal que opera en la estación de mando y control en tierra Shelter en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana?



### **1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES**

¿Cuáles son las configuraciones estructurales y ergonómicas adecuadas de una estación de control para que el personal pueda operar cómodamente las aeronaves?

¿Cuáles serán las normas a adoptar para el diseño de la configuración estructural y ergonómica de una estación de mando y control en tierra?

¿Qué tipo de distribución de espacios son los óptimos para tener una buena visibilidad en el Shelter?

¿Qué tipo de diseño estructural en el interior de la estación de control es el adecuado para que los equipos no sufran daños al ser transportado?

¿La evaluación ergonómica mediante normas permitirá cumplir con los requerimientos ergonómicos propuestos por el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana?

### **1.2.6 DELIMITACIÓN**

#### **1.2.6.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL**

La presente investigación será desarrollada en el periodo comprendido entre mayo del 2012 y marzo del 2013.

#### **1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL**

La investigación se realizará en la Provincia del Tungurahua, ciudad de Ambato, en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

#### **1.2.6.3 DELIMITACIÓN DE CONTENIDO**

Para el estudio sobre la configuración estructural y ergonómica de una estación de mando y control en tierra las materias relacionadas con este tema son: Diseño estructural, Diseño Mecánico, Ergonomía, Organización de plantas industriales.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

La investigación de este tema es importante, ya que a través del mismo se podrá mejorar la distribución de espacios en el interior del Shelter, se conseguirá que el ambiente de trabajo esté a temperaturas controladas requeridas por el usuario o por los equipos, mediante esta investigación, se podrá seleccionar los materiales idóneos para la estructura del contenedor logrando así aislar la penetración de los agentes externos.

Por la necesidad de solucionar el problema de la incomodidad de los operadores al momento de realizar las operaciones de monitoreo y control de los UAVs ya que esto implica pérdidas de señales por no tener los equipos adecuados ocasionando que el personal tenga que moverse a los sitios donde se encuentran las antenas o tener que movilizarse con el Shelter a lugares donde exista mejor recepción con lo cual reduce los tiempos de prueba, debido a esto al realizar esta investigación se conseguirá que las pruebas de vuelo se lo realicen en mayor tiempo para tener una cantidad de datos necesarios para ser analizados.

También por la importancia económica que tiene el CID-FAE de realizar esta investigación y la implementación de una estación de control específicamente para el monitoreo de los UAVs ya que el Centro cuenta con ingresos previamente establecidos mediante el cronograma por lo que con un accidente aéreo el CID-FAE se ve afectado al tratar de reajustar los ingresos.

El interés que persigue este estudio es proponer un diseño de una estación de control concretamente para los UAVs por la factibilidad del estudio ya que existe información relacionada al tema, su construcción sería con los requerimientos establecidos mediante normas.

El tema a investigar tiene un aspecto novedoso por las características que debe cumplir la estación que debe estar provisto de los equipamiento de monitoreo, radio, monitores, baterías, generador que proporcione energía cuando el Shelter tenga que movilizarse a lugares donde no exista energía eléctrica todos estos equipos deben estar ubicados en lugares libres de vibración y de ambiente

controlado para que estos funcionen a toda su capacidad y no tener problemas de accidentes aéreos debido a esto el diseño de la estación de control tiene que tener un cuidado especial.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Estudiar la configuración estructural y ergonómica de una estación de mando y control en tierra Shelter para el personal que monitorea y controla los sistemas de los aviones no tripulados en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar cuál es la configuración estructural y ergonómica adecuada de una estación de control para que el personal pueda operar cómodamente las aeronaves.
- Identificar las normas a adoptar para el diseño de la configuración estructural y ergonómica de una estación de mando y control en tierra.
- Analizar la distribución de espacios en el interior de la estación de mando y control para tener una buena visibilidad.
- Proponer el tipo de diseño estructural interno de la estación de control más óptimo para que los equipos no sufran daños al ser transportados.
- Evaluar el diseño mediante las normas adoptadas para la configuración estructural y ergonómica de la estación de mando y control en tierra.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

##### **2.1.1 ANTECEDENTES**

La estructura tiene por objeto el estudio de la estabilidad y resistencia de las construcciones de manera que bajo las acciones que aquellas soportan fuerzas denominadas tensiones o esfuerzos, deformaciones, bajo condiciones ambientales propias del lugar es así que se ha encontrado información acerca del diseño estructural de carrocerías para buses, diseño de camiones refrigerados las cuales son temas similares que nos pueden ayudar en esta investigación.

Para la presente investigación se ha obtenido referencias de un trabajo realizado por el Ingeniero Juan Manuel Lema Rosas de la Universidad Politécnica de Catalunya sobre “Estación de seguimiento SKY-EYE para UAVs: integración visual de componentes de seguimiento y georeferenciación sobre GIS” en el año del 2007, este trabajo persigue el objetivo: “El proyecto SKY-EYE nace en la EPSC, junto con la colaboración de otras empresas y universidades, con el fin de diseñar una nueva herramienta basada en aviones UAV. La idea es volar una serie de aviones no tripulados, que estos desempeñen una misión sobre el terreno, y enviar esta información a tierra, para que un operario pueda tomar decisiones. Una posible aplicación es el control de incendios. A veces es conectándose a las diversas estaciones de control a través de una red de comunicación convencional. Aquí se podrá coordinar todas las estaciones de control, todos los UAV con sus planes de vuelo y sus misiones. Para esta estación se diseñará una aplicación de

software con diferentes funciones. La principal función será la de un sistema GIS, con cartografías y modelos de elevación y capaz de georeferenciar la información de la misión. También tendremos las funciones de un planificador de vuelo y misión, para poder diseñar el recorrido, waypoints y maniobras, diseñar también la misión indicando las acciones del payload, poder hacer un seguimiento en tiempo real de la telemetría, estado del UAV y de la información de la misión obtenida hasta el momento.

Otro trabajo relacionado al presente proyecto de investigación es de una tesis de doctorado del Sr. Israel Pérez Llopis sobre “La arquitectura de un sistema C4ISR para pequeñas unidades” realizado en el año 2005 en Argentina, de la cual su principal objetivo es: “Proponer una arquitectura global para sistemas de mando y control de pequeñas unidades. Dicha arquitectura se debe descomponer en una arquitectura de red y una arquitectura software como módulos constituyentes fundamentales. Diseñar y desarrollar implementaciones prototipo de la arquitectura propuesta. Dichos sistemas, al ser orientados a un entorno táctico, deberán probarse en entornos reales desde las primeras fases del desarrollo, de forma que estén claramente integrados en los entornos de uso.” De este proyecto se puede destacar que los sistemas C4ISR se desarrollan e implementan utilizando una serie de componentes tecnológicos. Éstos cubren un amplio espectro de las ingenierías, aunque fundamentalmente en el área de la informática y las comunicaciones, e incluyen sistemas de cómputo, los sistemas de comunicaciones, sistemas de información geográfica.

También se ha obtenido referencia de un proyecto de tesis de la Escuela Politécnica Del Ejército, Facultad De Ingeniería Mecánica cuyo tema es “Análisis del comportamiento mecánico del sistema estructural del autobús Feline para la empresa carrocera MIRAL BUSES.”; siendo su autor el Ing. Jorge Luis Cepeda Miranda, la misma que fue realizado en el año 2006 en la empresa carrocera MIRAL BUSES de la cual se ha podido recoger la siguiente información: La tesis contiene los siguientes objetivos: “Realizar el análisis de la estructura de la carrocería del autobús de transporte interprovincial para la empresa ensambladora MIRAL BUSES para determinar su resistencia ante las condiciones de carga a las

cuales es sometida en operación; entregar información acerca del comportamiento de los miembros estructurales y recomendar el rediseño de componentes que lo ameriten.”, también se obtuvieron las conclusiones siguientes: “En el presente proyecto se ha diseñado una metodología de modelado, simulación y análisis de la estructura de un autobús en general, partiendo de un estudio teórico global que determine la representación geométrica y matemática de una unidad, las condiciones externas reales a las cuales es sometida y estándares valederos de comparación que posibiliten establecer la resistencia de la estructura ante tales condiciones.”

## **2.1.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1.2.1 DISEÑO MECÁNICO**

“El diseñar es formular un plan para la satisfacción de una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan proporciona la creación de algo que tiene una realidad física, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que se pueda fabricar y comercializar. Para recordar que los diseños tienen limitaciones y que tienen que presentar al principio cualidades, el imperativo del diseño se expresa como sigue: Diseñar: (Sujeto a ciertas restricciones de la resolución del problema) un componente, sistema, o proceso que realizara una tarea específica (sujeto a ciertas restricciones de solución óptimamente).” [1]

Se puede decir que el diseño mecánico es el proceso de crear soluciones eficaces, proporcionando una o varias soluciones para definir un producto de forma que satisfaga los requisitos y restricciones establecidas, con lo que la solución final elegida que se utiliza para fabricar o construir el producto

---

<sup>1</sup> Shigley, E, & Charles, R. (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Editorial: Mcgraw-hill. Octava edición. Pag. 6.

### **2.1.2.2 DISEÑO EN LA INGENIERÍA MECÁNICA**

“Los ingenieros mecánicos se asocian con la producción y el procedimiento de energía, proporcionando los medios de producción, las herramientas de transportación y las técnicas de automatización. Las bases de la habilidad y del conocimiento son extensas, entre las bases disciplinarias se encuentran la mecánica de sólidos, de fluidos, la transferencia de masa momento, los procesos de manufactura y la teoría eléctrica. El diseño de la ingeniería mecánica involucra todas las disciplinas de la ingeniería mecánica. Las consideraciones de calefacción, ventilación y de acondicionamiento de aire son lo suficientemente especializadas que algunos hablan del diseño de la calefacción, ventilación y del acondicionamiento del aire como si estuvieren separados y fueran distintos del diseño de la ingeniería mecánica.” [2]

La ingeniería mecánica es una rama de la ingeniería, que aplica las ciencias exactas, específicamente los principios físicos de la termodinámica, mecánica, ciencia de materiales, mecánica de fluidos y análisis estructural para el diseño y análisis de diversos elementos usados en la actualidad, tales como maquinarias con diversos fines como térmicos, hidráulicos, de transporte, de manufactura, así como también de sistemas de ventilación, vehículos motorizados terrestres, aéreos y marítimos.

### **2.1.2.3 ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE PLANTAS INDUSTRIALES**

“La distribución del equipo (instalaciones, máquinas, herramientas, etc.) y áreas de trabajo es un problema ineludible para todas las plantas industriales, por lo tanto no es posible evitarlo. El solo hecho de colocar un equipo en el interior del edificio ya representa un problema de ordenación.

---

<sup>2</sup> Shigley, E, & Charles, R. (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Editorial: Mcgraw-hill. Octava edición. Pag. 7,8.

Este problema de ordenación, evidentemente técnico, reconoce además la importancia del elemento humano como parte del sistema, por lo cual, hace necesaria la consideración de la gente, en todos los niveles de la organización, y que éstos deben comprender, desear y emplear las estrategias de distribución en planta para alcanzar, junto a las directrices gerenciales, el éxito de las operaciones del sistema productivo.” [3]

El proceso de ordenación física de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal

#### **2.1.2.4 IMPORTANCIA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

“Por medio de la distribución en planta se consigue el mejor funcionamiento de las instalaciones. Se aplica a todos aquellos casos en los que sea necesaria la disposición de unos medios físicos en un espacio determinado, ya esté prefijado o no. Por lo cual podemos fijar ciertos puntos particulares que le atribuyen importancia, entre otros tenemos:

Su utilidad se extiende tanto a procesos industriales como de servicios. La distribución en planta es un fundamento de la industria, determina la eficiencia y en algunas ocasiones la supervivencia de una empresa. Contribuye a la reducción del coste de fabricación.” [4]

Es importante la distribución en planta ya que es el proceso de ordenación física de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente. Esta ordenación incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento del material,

---

<sup>3</sup> Machucha Domínguez, J. A. (Editorial Mc. Graw Hill.). (1995). Dirección de operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios. Pag. 12,13.

<sup>4</sup> Pierre, M. (2000). Distribución en planta. Ediciones Deusto. Serie B. Tomo 1.



almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de la empresa

### **2.1.2.5 OBJETIVO DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

“Se busca hallar una ordenación de las áreas de trabajo y el equipo, que sea la más económica para el trabajo, al mismo tiempo que sea la más segura y satisfactoria para los empleados. Las ventajas de una buena distribución en planta se traducen en reducción del costo de fabricación, como resultado de alcanzar los beneficios de los siguientes objetivos:

- Reducción del riesgo para la salud.
- Aumento de la seguridad de los trabajadores.
- Elevación de la moral y la satisfacción del obrero.
- Incremento de la producción.
- Disminución de los retrasos en la producción.
- Ahorro de área ocupada.
- Reducción del manejo de materiales.
- Una mayor utilización de la maquinaria, mano de obra y de los servicios.
- Reducción del material en proceso.
- Acortamiento del tiempo de fabricación.
- Reducción del trabajo administrativo, del trabajo indirecto en general.
- Logro de una supervisión más fácil y mejor.
- Disminución de la congestión y confusión.
- Disminución del riesgo para el material o su calidad.
- Ahorro de espacio utilizado (almacén y producción).
- Mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones.” [5]

Para llevar a cabo una distribución en planta ha de tenerse en cuenta cuáles son los objetivos estratégicos y tácticos que aquella habrá de apoyar y los posibles conflictos que puedan surgir entre ellos. La mayoría de las distribuciones quedan

---

<sup>5</sup> Shroeder, R. (Editorial Mc. Graw Hill.).Administración de operaciones. Toma de decisiones en la función de operaciones.

diseñadas eficientemente para las condiciones de partida, pero a medida que la organización crece debe adaptarse a cambios internos y externos lo que hace que la distribución inicial se vuelva menos adecuada hasta que llega el momento en que la redistribución se hace necesaria.

### **2.1.2.6 DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS**

“La distribución de espacio se refiere a la disposición física de los puestos de trabajo, de sus componentes materiales y a la ubicación de las instalaciones para la atención y servicios tanto para el personal, como para los clientes. El estudio de la distribución de espacio busca contribuir al incremento de la eficiencia de las actividades que realizan las unidades que conforman una organización; así como también proporcionar a los directivos y empleados el espacio suficiente, adecuado y necesario para desarrollar sus funciones de manera eficiente y eficaz, y al mismo tiempo permitir a los clientes de la organización obtener los servicios y productos que demandan bajo las mejores condiciones; y procurar que el arreglo del espacio facilite la circulación de las personas, la realización, supervisión y flujo racional del trabajo y además, el uso adecuado del elementos materiales y de ese modo reducir tiempo y costos para llevarlos a cabo.” [6]

También la norma para el diseño de vehículos de transporte escolar RTE INEN 041 establece la distribución de espacios mediante la distancia entre asientos, altura requerida mediante los percentiles antropométricos de puertas, ventanas y las alturas internas, con estos datos nos podemos ayudar para la ubicación de cada área y su distribución de espacios necesarios para que el personal pueda moverse sin ninguna dificultad dentro del vehículo.

Esta norma también nos proporciona las longitudes máximas con las que podemos contar es así que podemos seleccionar el tipo de vehículo mediante la distancia entre ejes las cuales están compuesta de furgonetas, minibús y bus, de la misma

---

<sup>6</sup> Rodellar, A. (2009). Seguridad e Higiene en el Trabajo. Recuperado de <http://www.uta.com/e-libro/calidad+ambiente=aie+@%287hbpr33517%29%29>

forma la norma NTE INEN 2205 para vehículos automotores bus urbano nos proporciona los requerimientos para el tipo de asiento, el material para la unidad, el campo de visión con la que debe contar el conductor.

#### **2.1.2.7 CONDICIONES GENERALES PARA LA REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO DE DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS**

“El estudio de la distribución de espacio se realiza cuando se establecen nuevos objetivos y programas, cuando existen cambios en la estructura de la organización, cuando se ha llevado a cabo una modificación de los sistemas o procedimientos del trabajo, cuando se presenta un incremento en el volumen del trabajo, o una disminución u aumento del personal, cuando se ha realizado una reubicación, remodelación o renovación de las instalaciones de trabajo o del mobiliario y equipo o para mejorar la atención a las necesidades de los clientes. Si hablamos de la estructura de la organización, se deben tener en cuenta, al momento de realizar el estudio de la distribución de espacio, las relaciones de trabajo entre las unidades que la componen.

Sistemas de información y procesos de comunicación establecidos, la naturaleza, el volumen, frecuencia y modo de desarrollo de las funciones asignadas a cada una de las unidades procurando mantener una secuencia operacional lógica. Que se permita una adecuada supervisión del trabajo y comodidad en su realización, así como también se deben tomar en cuenta los posibles cambios que puedan surgir en la estructura orgánica o funcional, para así, distribuir el espacio de manera tal que permita introducir modificaciones sin muchas complicaciones y sobre todo ubicar las áreas de atención al cliente en lugares accesibles. Debemos tener presente que cuando han ocurrido cambios o remodelaciones en el espacio de trabajo, los programas de asignación de espacio deben estar relacionados con la planeación urbana y ecológica y con las actividades que se desarrollarán en el ámbito donde se desea ubicar la oficina. Para obtener una disposición efectiva de las instalaciones y aprovechar de forma racional los recursos de una organización debemos contar con unidades de mejoramiento administrativo, áreas de apoyo

operativo, consultores externos y un grupo de trabajo integrado con ese propósito.” [7]

Para realizar la distribución de espacios se debe considerar la que integre a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes, a igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer entre operaciones sea la más corta.

#### **2.1.2.8 ESTACIÓN DE TRABAJO “LAYOUT”**

"La distribución en planta consistirá en la ordenación física (dónde) de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo de la empresa, en la distribución del área (cuánto), en la determinación de las figuras, formas (cómo) relativas y ubicación de los distintos departamentos.

Dependiendo del tipo de producción de la empresa, la distribución adoptada podrá ser de uno de estos 5 tipos:

- De posición fija.
- Distribución basada en el producto.
- Distribución basada en el proceso.
- Distribución por grupo autónomos de trabajo.” [8]

A esto se puede añadir que la distribución en planta es un concepto relacionado con la disposición de las máquinas, los departamentos, las estaciones de trabajo, las áreas de almacenamiento, los pasillos y los espacios comunes dentro de una instalación productiva propuesta o ya existente . La finalidad fundamental de la distribución en planta consiste en organizar estos elementos de manera que se

---

<sup>7</sup> Rodellar, A. (2009). Seguridad e Higiene en el Trabajo. Recuperado de <http://www.uta.com/e-libro/calidad+ambiente=aie+@%287hbpr33517%29%29>

<sup>8</sup> Grado de Ingeniería en Tecnología Industrial. Organización de empresas industriales. Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. Pág. 1,2.

asegure la fluidez del flujo de trabajo, materiales, personas e información a través del sistema productivo.

Nivel	Actividad	Unidad de planificación de espacio	Entorno	Resultado
I Global	Localización de la planta & Selección	Lugar geográfico	Mundo o País	
II Supra	Planificación del lugar	Edificios o características del emplazamiento	Lugar	
III Macro Layout	Layout de bloque	Células de trabajo or Departamentos	Edificio	
IV Micro Layout	Célula de trabajo del Dpt.	Estación de trabajo o sus características	Departamentos	
V Sub Micro Layout	Diseño de la estación de trabajo	Posiciones fijas y herramientas	Célula de trabajo	

Figura N° 2.1: Distribución en planta.

(Fuente: Grado de Ingeniería en Tecnología Industrial. Organización de empresas industriales.

Pág. 1)

### a) Distribución de posición fija

“Este tipo de distribución es apropiada cuando no es posible mover el producto debido a su peso, tamaño, forma, volumen o alguna característica particular que lo impida. Esta situación ocasiona que el material base o principal componente del producto final permanezca inmóvil en una posición determinada, de forma que los elementos que sufren los desplazamientos son el personal, la maquinaria, las herramientas y los diversos materiales que no son necesarios en la elaboración del producto, como lo son los clientes.” [9]

### b) Distribución basada en el producto

“Se utiliza en procesos de producción en los cuales la maquinaria y los servicios auxiliares se disponen unos a continuación de otros de forma que los materiales fluyen directamente desde una estación de trabajo a la siguiente, de acuerdo con la secuencia de proceso del producto.

---

<sup>9</sup> Grado de Ingeniería en Tecnología Industrial. Organización de empresas industriales. Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. Pág. 3.5.

Dicha distribución resulta adecuada para aquellos productos con niveles de producción elevados, es decir, de gran serie (automóviles, electrodomésticos, etc.) a fin de aprovechar economías de escala. Este tipo de distribución puede, a su vez, dividirse en dos: la producción en línea y la producción de tipo continuo (acero, química).”[10]

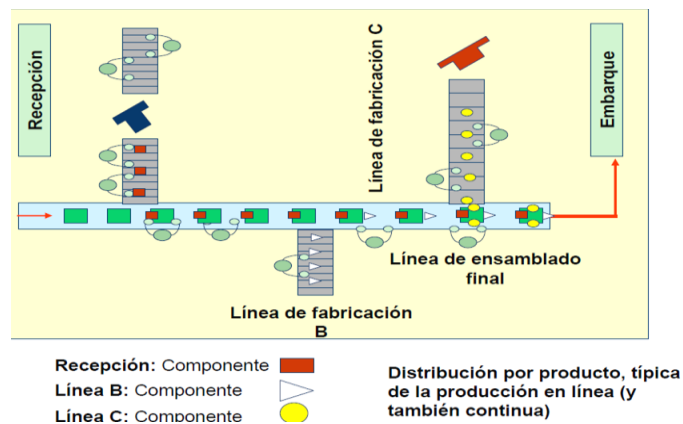


Figura N° 2.2: Distribución en planta basad en el producto.

(Fuente: Grado de Ingeniería en Tecnología Industrial. Organización de empresas industriales.

Pág. 2)

Este tipo de distribución es adoptada cuando la producción está organizada, bien de forma continua o de forma repetitiva. Si se considera en exclusiva la secuencia de operaciones, la distribución es relativamente sencilla, pues se trata de colocar cada operación tan cerca como sea posible de su predecesora.

Es recomendable utilizar este tipo de proceso cuando se fabrique una pequeña variedad de piezas o productos, cuando difícilmente se varia el diseño del producto, además cuando es constante y se tiene altos volúmenes.

### c) Distribución basada en el proceso

“En este tipo de producción la maquinaria y los servicios se agrupan según sus características funcionales, es decir, de acuerdo con la función que desempeñan;

---

<sup>10</sup> Grado de Ingeniería en Tecnología Industrial. Organización de empresas industriales. Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. Pág. 1,2.

por ejemplo, el torneado, la soldadura, la pintura, etc. Se efectúan en departamentos separados. Esta distribución se emplea principalmente cuando existe un bajo volumen de producción de numerosos productos desiguales, así como cuando ocurren frecuentes cambios en la composición o volumen a producir. También recibe el nombre de “producción flexible”. Un ejemplo de este tipo de distribución es un taller de reparación de automóviles de cierta envergadura o empresas que trabajan únicamente bajo pedido. En comparación con la distribución de grupo, la distribución de proceso se caracteriza por altos grados de flujo departamental.”[11]

Se utiliza cuando la producción se organiza por lotes, el personal y los equipos que realizan una misma función general se agrupan en una misma área, de ahí que estas distribuciones también sean denominadas por funciones. Algunas de sus ventajas son: flexibilidad en el proceso vía versatilidad de equipos y personal calificado, menores inversiones en equipo, mayor fiabilidad y la diversidad de tareas asignadas a los trabajadores reduce la insatisfacción y desmotivación de la mano de obra, Este sistema de disposición se utiliza generalmente cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria y se produce un volumen relativamente pequeño de cada producto.

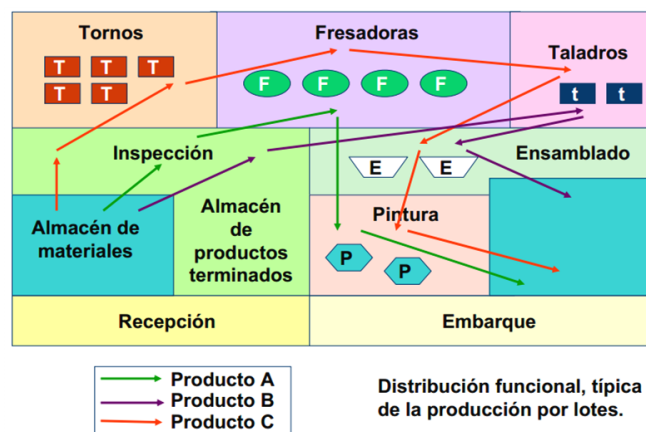


Figura N° 2.3: Distribución basada en el proceso.

(Fuente: Grado de Ingeniería en Tecnología Industrial. Organización de empresas industriales.

Pág. 3)

<sup>11</sup> Grado de Ingeniería en Tecnología Industrial. Organización de empresas industriales. Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. Pág. 3.

#### d) Distribución por grupos autónomos de trabajo

Se usa cuando los volúmenes de producción para cada producto particular no son suficientes como para justificar una distribución de producto, mientras que si se agrupan de forma lógica ciertos productos en familias, la distribución de producto puede ser adecuada para cada familia. De esta manera, cada grupo homogéneo de productos se destinará a un grupo o subdivisión de trabajo, que funcionará de forma autónoma de los demás y completará, total o de forma mayoritaria, el proceso.

La distribución dependerá del área total existente, de su forma, del proceso que se desarrolla y de las relaciones que han de darse entre trabajadores. El tipo de trabajo desarrollado marcará las diferencias en cuanto a superficie, equipamiento, espacio y privacidad necesarios en cada caso concreto para procurar la eficiencia óptima. Mesas agrupadas en áreas abiertas frente a despachos privados, separación de puestos de trabajo por estanterías, plantas o archivadores, separaciones a media altura o hasta el techo, etc., son consideraciones fundamentales en la distribución de instalaciones, donde aspectos como el trabajo en equipo, la autoridad, la imagen y el estatus son, en ocasiones, prioritarios.

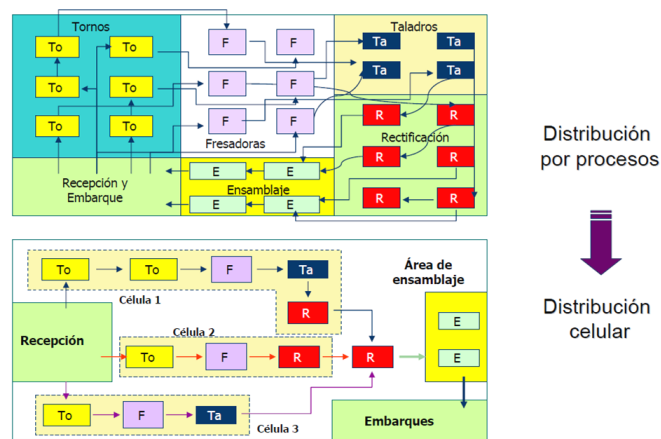


Figura N° 2.4: Distribución por grupos autónomos de trabajo.

(Fuente: Grado de Ingeniería en Tecnología Industrial. Organización de empresas industriales.



### **2.1.2.9 MÉTODOS SIMPLIFICADOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

“Cuanto más simples son estos métodos, menos factores se tendrán en cuenta en el análisis y menos fiables las soluciones obtenidas mediante su uso; sin embargo, presentan a su favor, proporcionar un análisis más rápido que permitirá reducir el campo de las posibles numerosas soluciones a un grupo más reducido, dentro de las cuales tenemos:

#### **a) Método de los eslabones**

Se trata de mejorar la ordenación relativa de los elementos físicos que integran el sistema a partir de las interrelaciones existentes entre ellos. A ese fin y basándonos en las secuencias de fabricación de los distintos productos, se trata de hallar caminos cortos haciendo que los cruces y retrocesos sean mínimos.

#### **b) Método del algoritmo básico de transposición**

El proceso parte de una distribución inicial que se identifica en general como "ijmn". Los subíndices indican que el departamento "i" se encuentra situado en el lugar denominado 1, el "j" en el 2, el "m" en el 3 y el "n" en el 4.

La técnica utilizada por el algoritmo básico de transposición consiste en elegir aquella distribución que minimice el coste de transporte total asociado, una forma de evaluar este coste será calcular previamente los costes generados entre cada departamento con los restantes para luego hallar el total.

#### **c) Método de las Gamas Ficticias**

Es un método usado para analizar el orden deseable de las máquinas o secciones en el caso de varios productos a la vez. A la vista de la secuencia de operaciones de cada uno de los productos se trata de crear una secuencia de operaciones nueva y global en el sentido de que en ella tengan cabida todas las secuencias individuales. Esto se conseguirá en algunos casos desdoblado ciertas operaciones y/o cambiándolas de orden. En el proceso de creación de la nueva secuencia (denominada gama ficticia) se seguirán los criterios de minimizar costes y evitar

cruces y retornos. La elaboración de cada producto se conseguirá utilizando los puestos de la gama ficticia que se correspondan con su gama real y saltando aquéllos que no pertenezcan a ella.” [12]

**d) Método SLP (Planificación sistemática de distribución en planta)**

“Este método es un proceso organizado para la realización de distribución en planta, seguir este método establecido facilita al responsable de la organización de la planta la tarea de realizar el análisis previo del proceso y el posterior diseño de la implantación, para lo cual se analizan los siguientes elementos básicos implicados en una distribución en planta.

**a) Productos (P):** Engloba las materias primas, materiales de compra, artículos semielaborados o terminados, clasificados en artículos, modelos, grupos o subgrupos atendiendo a su variedad, especialización tipo, etc.

**b) Cantidades (Q):** La cuantificación de los productos empleados, valorados de la forma representativa para el estudio en unidades, peso, volumen valor, etc. Dado que se está haciendo un análisis técnico, se preferirían las medidas por unidades físicas más que por valor económico.

**c) Recorridos (R):** Estudia el conjunto de operaciones o manipulaciones que sufren los productos y el orden en el que son procesados.

**d) Servicios (S):** Además del proceso productivo principal, existe toda una serie de procesos auxiliares necesarias para el desarrollo del actividad y para lo que es preciso que se prevea un espacio físico.

**e) Tiempo (T):** Que vendrá determinado por el tiempo del ciclo del sistema, o por lo especificado en los planes de fabricación de la empresa, el tiempo es una

---

<sup>12</sup> Grado de Ingeniería en Tecnología Industrial. Organización de empresas industriales. Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. Pág. 4.

variedad definida por la estrategia de la empresa ya que viene definido por la planificación de la producción, de la política de stocks.” [13]

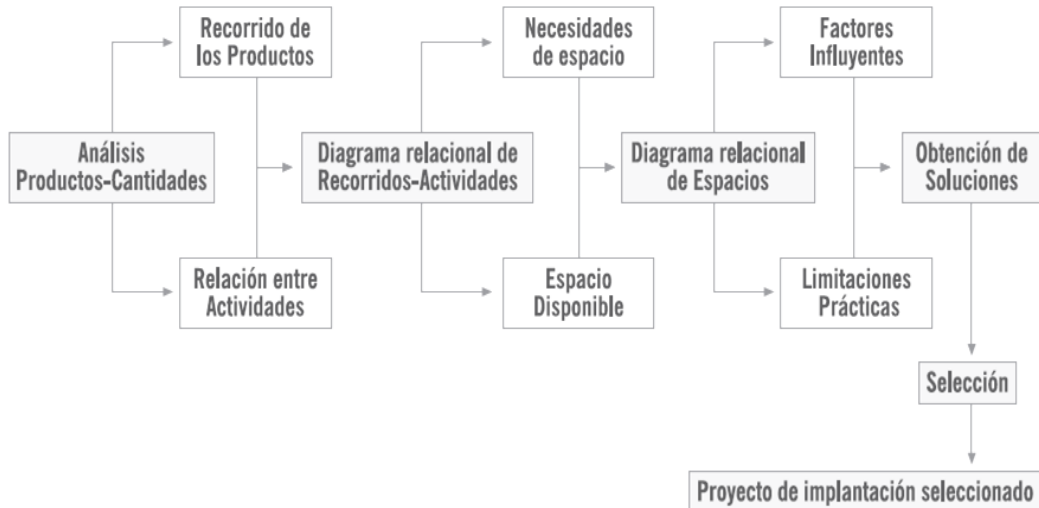


Figura N° 2.5: Fases del SLP.

(Fuente: Manual 19 de CEEI CV. (2008). Distribución en planta 19. Pág. 17)

#### 2.1.2.10 DIAGRAMAS DE FLUJO PARA EL RECORRIDO SENCILLO

“Los diagramas de flujo -también conocidos como fluxogramas, son una representación gráfica mediante la cual se representan las distintas operaciones de que se compone un procedimiento o parte de él, estableciendo su secuencia cronológica. Clasificándolos mediante símbolos según la naturaleza de cada cual.

Es decir, son una mezcla de símbolos y explicaciones que expresan secuencialmente los pasos de un proceso, de forma tal que este se comprenda más fácilmente. Se les llama diagramas de flujo porque los símbolos utilizados se conectan por medio de flechas para indicar la secuencia de la operación, en pocas palabras son la representación simbólica de los procedimientos administrativos.

---

<sup>13</sup> Manual de Centros Europeos Innovadoras de la comunidad Valencia (CEEI CV). (2008). Distribución en planta 19. Valencia. Pág. 18.

Esta herramienta es de gran utilidad para una organización, debido a que su uso contribuye en con el desarrollo de una mejor gestión institucional, en aspectos como:

- Muestran de manera global la composición de un proceso o procedimiento por lo que favorecen su comprensión al mostrarlo como un dibujo. El cerebro humano reconoce fácilmente los dibujos. Un buen diagrama de flujo reemplaza varias páginas de texto.
- Permiten identificar problemas tales como cuellos de botella o posibles duplicidades que se presentan durante el desarrollo de los procedimientos, así como las responsabilidades y los puntos de decisión.
- Facilitan a los funcionarios el análisis de los procedimientos, mostrando gráficamente quién proporciona insumos o recursos y a quién van dirigidos.
- Sirven como herramienta para capacitar a los nuevos funcionarios, y de apoyo cuando el titular responsable del procedimiento se ausenta, de manera que otra persona pueda reemplazarlo.
- La creación del diagrama de flujo es una actividad que agrega valor, pues el proceso que representa está disponible para ser analizado, no sólo por quienes lo llevan a cabo, sino también por todas las partes interesadas que aportarán nuevas ideas para cambiarlo y mejorarlo.”[14]










Para la realización de este diagrama se debe empezar por las referencias más importantes por su volumen de producción o por cualquier otro criterio que se decida como fragilidad, distancia, limitaciones técnicas, posiciones ergonómicas.


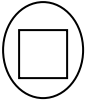
Mediante este proceso se indicaran por ornen cronológico cada una de las operaciones que se realizaran al producto, deberán indicarse la entrada de materiales al proceso, se reflejaran los retornos de desperdicios y mermas, en el diagrama se recogerán los procesos de cada uno de los subcomponentes hasta llegar a la unión de todos ellos.

---

<sup>14</sup> Mideplan. (2009). Guías para la elaboración de diagrama de flujo. Pág. 25.

Tabla N°2.1: Simbología según ASME.

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>	<b>¿Para qué se utiliza?</b>
	Origen	Este símbolo sirve para identificar el paso previo que da origen al proceso, este paso no forma en sí parte del nuevo proceso.
	Operación	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Hay una operación cada vez que un documento es cambiado intencionalmente en cualquiera de sus características
	Inspección	Indica cada vez que un documento o paso del proceso se verifica, en términos de: la calidad, cantidad o características. Es un paso de control dentro del proceso. Se coloca cada vez que un documento es examinado
	Transporte	Indica cada vez que un documento se mueve o traslada a otra oficina y/o funcionario.
	Demora	Indica cuando un documento o el proceso se encuentra detenido, ya que se requiere la ejecución de otra operación o el tiempo de respuesta es lento.
	Almacenamiento	Indica el depósito permanente de un documento o información dentro de un archivo. También se puede utilizar para guardar o proteger el documento de un traslado no autorizado.
	Almacenamiento Temporal	Indica el depósito temporal de un documento o información dentro de un archivo, mientras se da inicio el siguiente paso.
	Decisión	Indica un punto dentro del flujo en que son posibles varios caminos alternativos.
	Líneas de flujo	Conecta los símbolos señalando el orden en que se deben realizar las distintas operaciones.

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>	<b>¿Para qué se utiliza?</b>
	Actividades combinadas operación y origen	Las actividades combinadas se dan cuando se simplifican dos actividades en un solo paso. Este caso, esta actividad indica que se inicia el proceso a través de actividad que implica una operación.
	Actividades combinadas inspección y operación.	Este caso, indica que el fin principal es efectuar una operación, durante la cual puede efectuarse alguna inspección.

**Fuente:** Mideplan. (2009). Guías para la elaboración de diagrama de flujo. Págs. 11,12.

En él se utilizan otros símbolos además de los de operación e inspección empleados en el diagrama de operaciones. Además de registrar las operaciones y las inspecciones, el diagrama de flujo de proceso muestra todos los traslados y retrasos de almacenamiento con los que tropieza un artículo en su recorrido por la planta.

#### **2.1.2.11 TABLA DE RELACIÓN DE ACTIVIDADES**

“En la tabla relacional se reflejan las actividades y su relación mutua con el objetivo de evaluar la importancia de la aproximadamente cada dos. Además tiene la ventaja de permitir el estudio de todas las actividades auxiliares y no únicamente las de transformación/producto. Para su construcción se indican los motivos por los que dos actividades deban estar cerca, que por ejemplo pueden ser las siguientes:

- Utilizan la misma información.
- Comparten el mismo personal.
- Comparten el mismo espacio.
- Necesidad de comunicación personal.
- Necesidad de comunicación a través de documentos.
- Secuencia del flujo de trabajo.

- Realizan trabajos similares.
- Molestias y/o peligros.” [15]

El proceso continuará dibujando una serie de recuadros que representan a los departamentos en el mismo orden en que aparecen en el cuadro de interrelaciones, los cuales serán unidos por arcos cuya representación gráfica muestra las prioridades de cercanía que los relacionan.

En esta tabla de relación las prioridades de cercanía entre departamentos se asimilan a un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales: A (absolutamente necesaria), E (especialmente importante), I (Importante), O (importancia ordinaria) y U (no importante); la indeseabilidad se representa por la letra X

Tabla N° 2.2: Tabla de relación de actividades.

<b>Recepción</b>								
<b>Almacén</b>								
<b>Herramientas</b>								
<b>Mantenimiento</b>								
<b>Producción</b>								
<b>Vestuario</b>								
<b>Comedor</b>								
<b>Oficina</b>								
	<b>Recepción</b>							
		<b>Almacén</b>						
			<b>Herramientas</b>					
				<b>Mantenimiento</b>				
					<b>Producción</b>			
						<b>Vestuario</b>		
							<b>Comedor</b>	
								<b>Oficina</b>

Fuente: Manual 19. CEEI CV. (2008).Distribución en planta. Pág. 26.

<sup>15</sup> Manual de Centros Europeos Innovadoras de la comunidad Valencia (CEEI CV). (2008). Distribución en planta 19. Valencia. Pág. 25.

Tabla N° 2.3: Cuantificación de proximidad entre actividades.

Valor	Proximidad	Color
A	Absolutamente necesaria.	
E	Especialmente importante.	
I	Importante.	
O	Ordinaria.	
U	Sin importancia.	
X	No deseable.	
XX	Altamente indeseable.	

Fuente: Manual 19. CEEI CV. (2008). Distribución en planta. Pág. 25.

#### 2.1.2.12 DIAGRAMA RELACIONAL DE RECORRIDO Y ACTIVIDADES

El objetivo del diagrama es representar en un gráfico el recorrido de los productos o la tabla relacional de actividades, según se haya realizado uno u otro estudio, reflejando las necesidades de proximidad de las actividades, en cada paso se trata de hacer las líneas lo más cortas posibles, y si es necesario, se redibujara el diagrama.

A veces se obtiene una visión mejor del proceso dibujando las líneas de recorrido en un esquema del edificio o zona en el que tiene lugar el proceso. En este plano se dibuja líneas que representan el camino recorrido y se insertan los símbolos del diagrama del proceso para indicar lo que se está haciendo, incluyendo breves anotaciones que amplían su significado. En ocasiones ambos diagramas, el de proceso y el de recorrido, son necesarios para ver con claridad las fases seguidas en el proceso de fabricación.



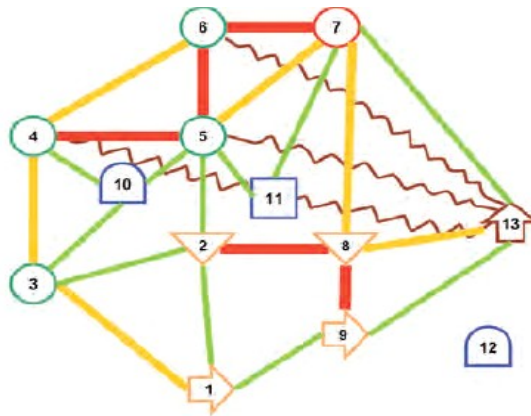


Figura N° 2.6: Diagrama relacional de recorridos y actividades.

(Fuente: Manual 19 de CEEI CV. (2008). Distribución en planta 19. Pág. 27.)

Estos diagramas de recorrido nos sirven para poder mejorar o cambiar la distribución de las máquinas, puestos de trabajo, almacenes y oficinas para obtener un menor tiempo de producción o una mejor distribución del trabajo.

### 2.1.2.13 DIAGRAMA RELACIONAL DE ESPACIOS

Se establece representando gráficamente a escala los espacios necesarios para cada una de las operaciones implicada sobre el diagrama relacional de corredos y actividades.

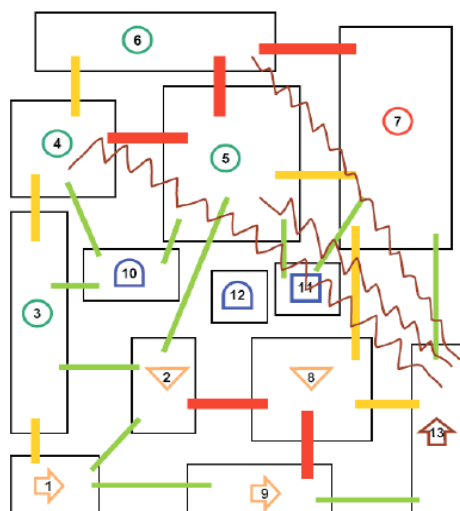


Figura N° 2.7: Diagrama relacional de espacios.

(Fuente: Manual 19 de CEEI CV. (2008). Distribución en planta 19. Pág. 29.)

#### **2.1.2.14 OBTENCIÓN DE SOLUCIONES**

“Partiendo de toda la información ya recogida del proceso en estudio, y que se resume en las fichas descriptivas de las actividades, diagrama relacional de espacios y los factores influyentes, se pueden realizar varias soluciones para su posterior evaluación. Dependiendo de los medios y conocimientos disponibles se pueden utilizar incluso maquetas, diseños informáticos o simulaciones informáticas de planta.

La elección de los factores considerados significativos para la valoración. Se propone el siguiente listado para que se elijan aquellas que se consideren más adecuadas para cada caso son:

- Facilidad de futura expansión.
- Adaptabilidad ante los cambios.
- Flexibilidad del planteamiento.
- Eficiencia del recorrido de los productos.
- Eficiencia del transporte interno.
- Utilización de la mano de obra.
- Eficiencia del almacenaje.
- Utilización de la superficie.
- Seguridad.
- Ergonomía.
- Facilidad de supervisión y control.
- Imagen y prestigio.
- Influencia en la calidad.
- Problemas de conservación.
- Adaptación a la estructura general de la empresa.
- Utilización de los equipos.
- Rentabilidad.
- Inversión necesaria.
- Capacidad suplementaria de fabricación.

- Tiempo de adaptación a la demanda.” [16]

Una vez realizada varias posibles soluciones llega el momento de seleccionar la distribución definitiva, para ello se puede hacer una selección multicriterio, consistente en valorar cada una de las soluciones propuestas desde el punto de vista de varios criterios. Se describen los pasos de la operación.

Luego de haber escogido el listado de los factores de evaluación, se pondera el porcentaje que cada uno de los factores supone sobre el total, al puntuar cada una de las soluciones propuestas según cada factor de evaluación de 0 a 10 y recogerlo en una tabla, combinar el peso que tiene cada una de las puntuaciones según lo expresado del listado para ver cuál o cuáles son las soluciones mejor puntuadas.

Una vez realizado este analizar se debe revisar si los criterios utilizados han sido acertados y elegir la solución que mejor convenga.

Tabla Nº 2.4: Selección de soluciones mediante decisiones multicriterio.

Factores	Peso (%)	Solución	Solución	Solución	Solución
		1	2	3	4
Adaptabilidad ante los cambios					
Eficiencia de recorrido					
Eficiencia de transporte					
Seguridad					
Ergonomía					
Utilización de los equipos					
<b>VALORACIÓN</b>	100%				

Fuente: Manual 19. CEEI CV. (2008).Distribución en planta. Pág. 32.

---

<sup>16</sup> Manual de Centros Europeos Innovadoras de la comunidad Valencia (CEEI CV). (2008). Distribución en planta 19. Valencia. Pag. 31.

### 2.1.2.15 ESTACIÓN DE MANDO Y CONTROL EN TIERRA (SHELTER)

“Las estaciones de seguimiento sirven para tener un control exhaustivo del avión no tripulado desde tierra, tanto para el control de posicionamiento como para la captura o impulsión de la toma de información necesaria. Obtendrá capturas digitalizadas y comprimidas por las cámaras del UAV. Tendrá diversidad frecuencia para asegurar la disponibilidad de la telemetría. Las imágenes son multiplexadas junto con los parámetros del vuelo, proporcionados por el sistema de adquisición de datos de a bordo. Recoge una serie de información telemétrica para conocer paramétricamente el estado del avión en todo momento. Las estaciones se caracterizan por:

- **Plan de vuelo del UAV:** Representar el plan de vuelo sobre la cartografía correspondiente a la zona a cubrir, validación de la misión, definición de rutas y rutas auxiliares si es necesario.
- **Misión y control Payload:** Posible presentación en tiempo real del plan de vuelo y misión, en caso contrario aportación de información obtenida y Indicación de la posición del objeto.
- **Modo de control:** Waypoints, trayectorias predefinidas por donde el UAV va a volar, plan de retorno programado en caso de querer abortar la misión y una programada que ha de seguir el avión en caso de encontrarse en una situación de alarma.” [17]



Figura N° 2.8: Shelter sobre vehículo de transporte.

(Fuente: Daniel G. Verdejo (2008) S.S.I. Control de un vehículo aéreo no tripulado. Pág. 19.)

---

<sup>17</sup> Marco, A, & Pena B. (2007) Estación de seguimiento SKY-EYE para UAVs: Mecanismo de georeferenciación y ortorectificación de imágenes aéreas. Universidad Politécnica de Catalunya, Catalunya, España.

Una estación terrena satelital es un conjunto de equipos de comunicaciones y de cómputo que puede ser terrestre, fijo y móvil, marítimo o aeronáutico, las estaciones terrenas pueden ser usadas en forma general para transmitir y recibir del satélite. Pero en aplicaciones especiales solo pueden recibir o solo pueden transmitir, también en estas se ejecutan las órdenes de comando y dar las indicaciones de supervisión para la operación de la estación transformadora, es decir que la unidad con los equipos pueden ser desplegados a una distancia remota de la estación de control del UAV por medio de enlaces de fibra óptica.



Figura N° 2.9: Shelter de transmisiones compatible con el vehículo de transporte HUMMER.

(Fuente: Universidad Politécnica Salesiana. Estación terrena. Pág. 19.)

#### **2.1.2.16 VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV)**

“Un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV: Unmanned Aerial Vehicle) es un vehículo controlado autónomamente o desde tierra utilizando planes de vuelo programados. Las aplicaciones de este tipo de vehículos es cada día mayor en tareas que implican algún tipo de dificultad o riesgo para vehículos convencionales tripulados por personas, como son la detección de incendios, la identificación de manchas de petróleo en el mar, el seguimiento del tráfico, la inspección de líneas de tendido eléctrico, etc.”[18]

---

<sup>18</sup> Daniel, G, & Verdejo, E. (2008) S.S.I. Control de un vehículo aéreo no tripulado. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España. Pág. 21.



(a) Magline: Condor 300.

(b) Magline: TR3.

(c) Aerovisión: Fulmar.

Figura N° 2.10: Fotos de algunos UAVs Españoles.

(Fuente: Daniel G. Verdejo (2008) S.S.I. Control de un vehículo aéreo no tripulado. Pág. 21.)

En comparación con los vehículos tripulados, estas aeronaves son más maniobrables y sus costes de explotación pueden ser inferiores. Además, con ellas se puede evitar el riesgo inherente a los vuelos tripulados en entornos hostiles, en condiciones de vuelo con escasa visibilidad o, en general, con condiciones climatológicas adversas.

#### 2.1.2.17 SISTEMAS DE CONTROL DE VUELO

Son sistemas que se encargan de controlar el vuelo del avión. El sistema consiste en un mecanismo de manejo en la cabina de control, el enlace físico, y los dispositivos necesarios para controlar una aeronave en vuelo. Es un mecanismo altamente complejo el cual se dedican empresas especializadas y muy concretas. Actualmente las diversas empresas encargadas de ofrecer pilotos automáticos para UAVs incluyen sensores (IMUs,GPS,etc.) dentro del mismo dispositivo para obtener con buenos resultados el desarrollo de su función, ya sea en la estabilidad del avión como en la ejecución del plan de vuelo. Los sistemas de pilotos automáticos más representativos hoy en día y empresas encargadas en su distribución en el mercado son UAV Navigation, presenta el AP04, piloto pensado para UAVs. Micropilot, dispone del MP2028g, piloto más pequeño del mundo. Cloud Cap Tecnología, aporta dos sistemas de piloto automático como es el PiccoloPlus y Piccolo2. UAV Flight System, proporciona el AP50.

### 2.1.2.18 SEGMENTO TIERRA Y SEGMENTO AIRE

“La operación de un UAV, precisa, aun en el caso de sistemas totalmente autónomos de un puesto, de mando en tierra dedicado, al menos, a la definición y supervisión de la misión que debe realizar el UAV.

De esta manera, el sistema de control del UAV, queda repartido en dos segmentos, denominados habitualmente segmentos tierra y segmento aire, unidos mediante diferentes sistemas de comunicaciones.

Mientras determinadas funciones propias del control deben ser ejecutadas necesariamente en uno de los dos segmentos, otros pueden ser realizados indistintamente por cualquiera de los dos, debiéndose sopesar las ventajas e inconvenientes que una distribución concreta de funciones conlleva. Así, funciones como la definición de la misión y la superposición del desarrollo de esta deben ser llevadas a cabo necesariamente en una estación en tierra, mientras que la adquisición de información asociada a la misión y buena parte de los sensores que permiten conocer la altitud y posición de la aeronave corresponde a la instrumentación embarcada en el segmento aire.”[19]

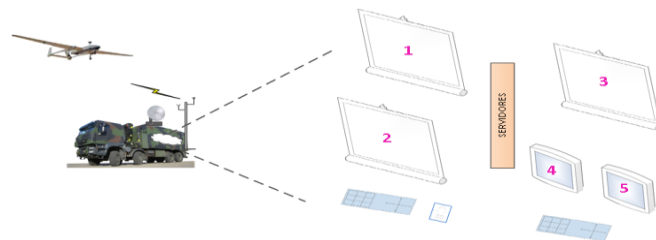


Figura N° 2.11: Interfaz con el usuario segmento tierra-aire.

(Fuente: Daniel G. Verdejo (2008) S.S.I. Control de un vehículo aéreo no tripulado. Pag. 25)

Incluye el sistema de control de la plataforma aérea, y los equipos de comunicaciones y estación que permiten recibir la información obtenida por los sensores, además de los elementos lanzamiento y recuperación de la plataforma aérea.

---

<sup>19</sup> Barrientos, Cerro, Gutiérrez, Rossi, Martínez. (Ed.). (2007). Arquitectura de control de vehículos aéreos no tripulados. Madrid: Editorial Vampiria. Pág. 15.

### **2.1.2.19 DISEÑO ESTRUCTURAL**

“Proceso creativo mediante el cual se le da forma a un sistema estructural para que cumpla una función determinada con un grado de seguridad razonable y que en condiciones normales de servicio tenga un comportamiento adecuado. Es importante considerar ciertas restricciones que surgen de la interacción con otros aspectos del proyecto global; las limitaciones globales en cuanto al costo y tiempo de ejecución así como de satisfacer determinadas exigencias estéticas. Entonces, la solución al problema de diseño no puede obtenerse mediante un proceso matemático rígido, donde se aplique rutinariamente un determinado conjunto de reglas y formulas.” [20]

También el diseño estructural se realiza a partir de un adecuado balance entre las funciones propias que un material puede cumplir, a partir de sus características naturales específicas, sus capacidades mecánicas y el menor costo que puede conseguirse. El costo de la estructura siempre debe ser el menor, pero obteniendo el mejor resultado a partir de un análisis estructural previo.

### **2.1.2.20 ESTRUCTURA**

La estructura (del latín estructura) es la disposición y orden de las partes dentro de un todo. También puede entenderse como un sistema de conceptos coherentes enlazados, cuyo objetivo es precisar la esencia del objeto de estudio. Tanto la realidad como el lenguaje tienen estructura. Uno de los objetivos de la semántica y de la ciencia consiste en que la estructura del lenguaje refleje fielmente la estructura de la realidad.

### **2.1.2.21 ESTRUCTURA DE LA ESTACIÓN DE CONTROL**

La estación de control en tierra son contenedores móviles diseñados para responder a todas las necesidades operativas civiles y militares. Consta con una

---

<sup>20</sup> San Martín Gutiérrez. (2005-2006). Estudio de diseño estructural: Orlando. U.S.A. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos6/dies.shtml>. Pág. 48.



estructura metálica formando un bastidor integral resistente. Esquineros, vigas y cerchas de techo en chapa plegada, la estructura de paramentos y tabiques construida con perfiles tubulares, vinculados entre sí con soldadura eléctrica ejecutadas por personal calificado y acreditado. Sobre los perfiles del piso y bandejas con aislación térmica se colocarán placas dimensionadas para la carga especificada. Sobre esta base se colocará, mediante adhesivo adecuado, un solado de goma lisa antiestática.



Figura N° 2.12: Estación de control en tierra móvil.

**(Fuente:** Daniel G. Verdejo (2008) S.S.I. Control de un vehículo aéreo no tripulado. Pag. 25)

#### **2.1.2.22 UNIDADES MÓVILES**

“Para los efectos del presente Reglamento Técnico Ecuatoriano se adoptan las definiciones establecidas en las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN 960 de vehículos automotores, determinación de la potencia neta del motor, la norma NTE INEN 1155 se refiere a vehículos automotores, equipos de iluminación y dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad, la NTE INEN 1323 para vehículos automotores, requisitos para carrocerías metálicas, la NTE INEN 1669 es una norma de requisitos para vidrios de seguridad para automotores, la NTE INEN 1992 son requisitos para servicio de transporte escolar, NTE INEN-ISO 612 se refiere a vehículos automotores, dimensiones de vehículos automotores y remolcados, términos y definiciones y la norma la NTE INEN 3833 vehículos automotores, tipos, términos y definiciones, en los Reglamentos Técnicos Ecuatorianos RTE INEN 011 son normas para el tipo de neumático a utilizar, RTE INEN 017 este reglamento controla la emisión contaminantes de fuentes móviles terrestres y RTE INEN 034 elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores, en la Ley del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. Para

finés del presente Reglamento Técnico Ecuatoriano los vehículos de transporte escolar se clasifican según lo indicado en la tabla.” [21]

Tabla N°2.5: Clasificación de los vehículos de transporte escolar.

<b>Denominación</b>	<b>Distancia entre ejes</b>
Furgoneta	Hasta 3 200 mm inclusive
Minibus	Mayor a 3 200 mm y menor a 5 000 mm
Bus	Mayor o igual a 5 000 mm

(Fuente: RTE INEN 041. Vehículo de transporte escolar. Pág. 5.)

### 2.1.2.23 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE UN BUS

Para la construcción de un bus se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- Estructura administrativa.
- Estructura funcional.
- Procesos de construcción.

Estos parámetros se tomo de la empresa VARMA S.A, la cual diseña y fabrica carrocerías para autobuses con una amplia gama de modelos, satisfaciendo las necesidades y requerimientos del mercado, tomando en cuenta la superficie geográfica del país y la situación económica de los habitantes, cuenta con modelos de carrocerías para, interprovincial, urbanos (Bus Tipo), turismo, escolar, especial, los parámetros de esta empresa se tomo de la investigación del Sr. Darwin Gustavo Jaque Puca de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la ciudad de Riobamba, bajo el tema “PROPUESTA DE REORGANIZACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN PARA LAS CARROCERÍAS: INTERPROVINCIAL Y BUS-TIPO EN LA EMPRESA VARMA S.A. DE LA CIUDAD DE AMBATO.”

---

<sup>21</sup> Instituto Ecuatoriano de Normalización. Reglamento técnico Ecuatoriano RTE INEN 041:2010. Vehículo de transporte escolar.

### 2.1.2.24 ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA

La empresa VARMA S.A, está constituida por la siguiente estructura administrativa:

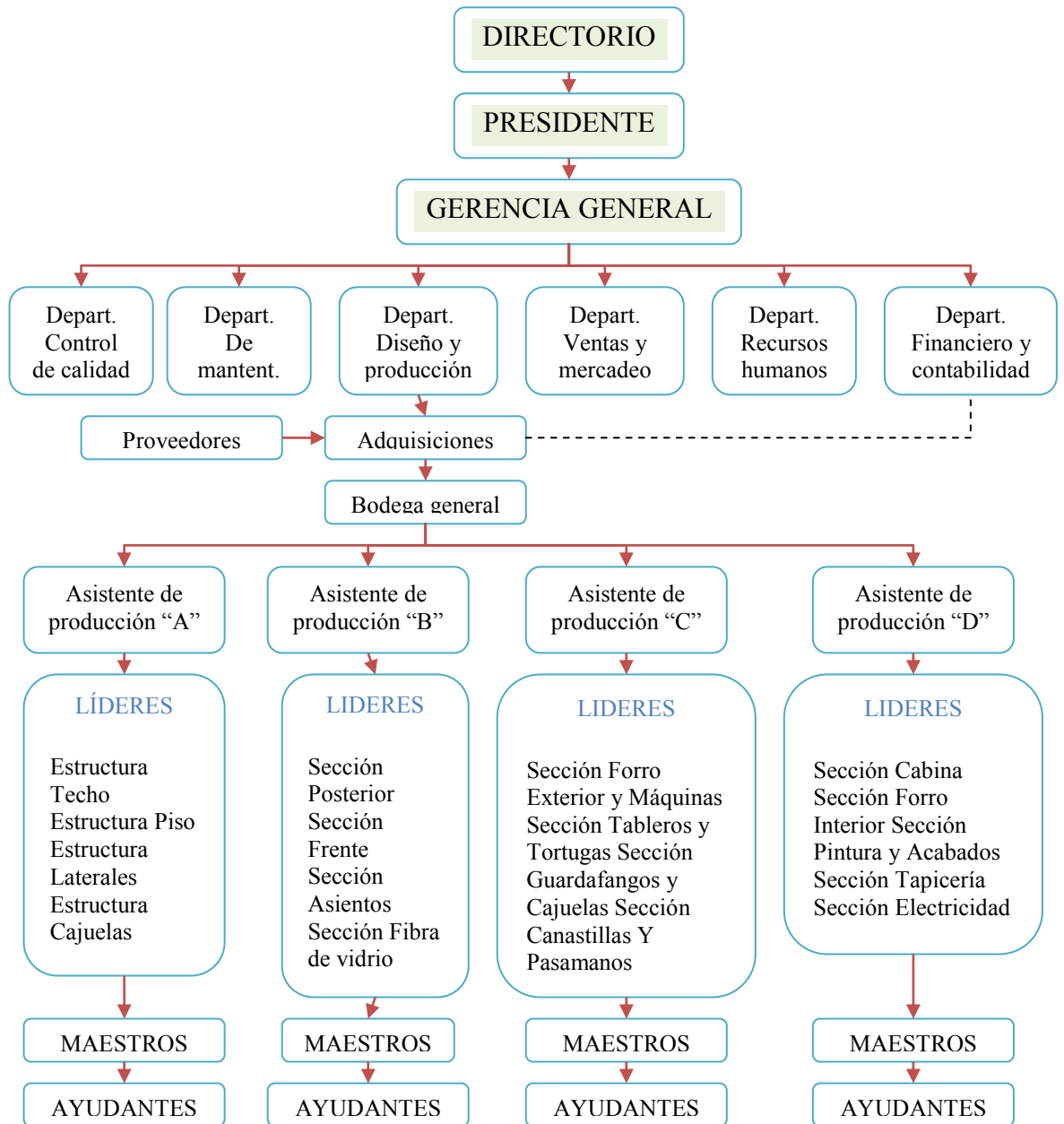


Figura N° 2.13: Estructura administrativa.

(Fuente: Jaque, D. & Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Pág. 65.)

### 2.1.2.25 ESTRUCTURA FUNCIONAL

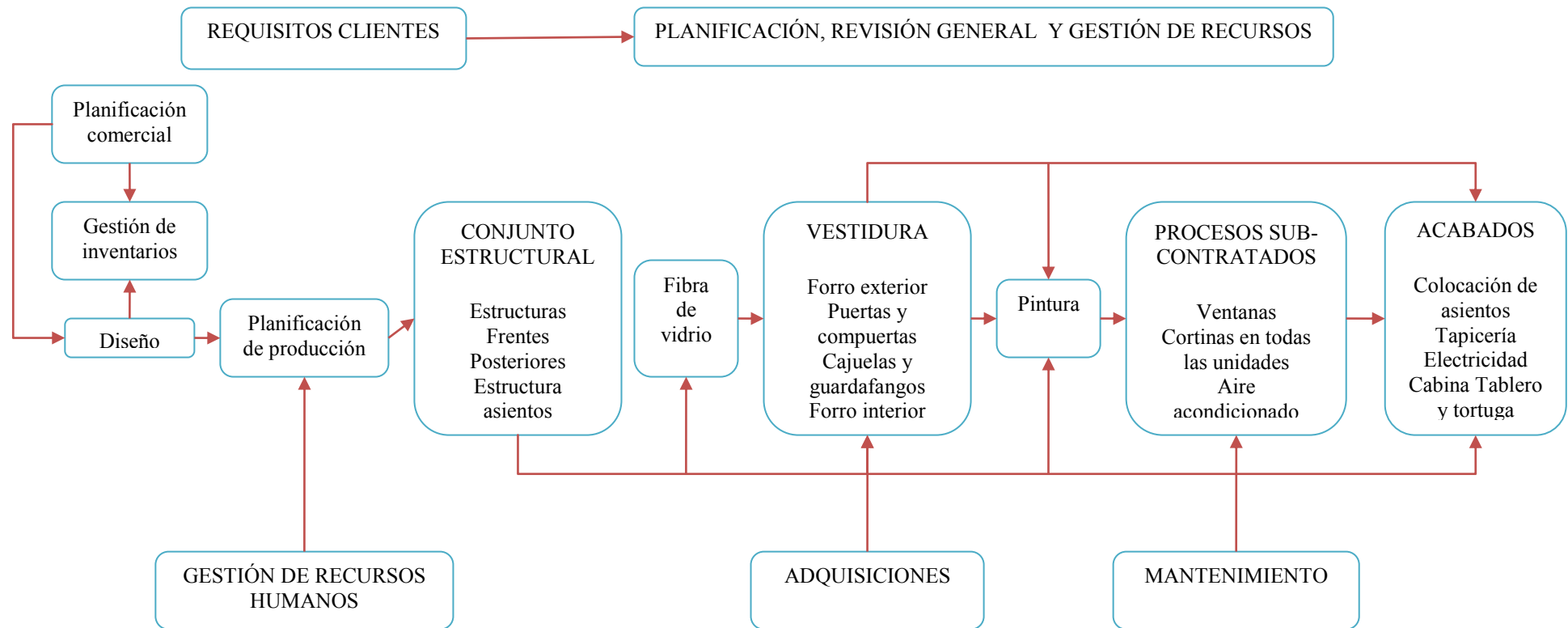


Figura N° 2.14: Estructura Funcional.

(Fuente: Jaque, D. & Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Pág. 66.)

## 2.1.2.26 DEFINICIÓN DE LA CARROCERÍA

### a) Estructura de apoyo al chasis

“En el proceso de montaje de la carrocería esta puede ser unida con el bastidor del chasis por medio de algunos métodos en la siguiente figura:

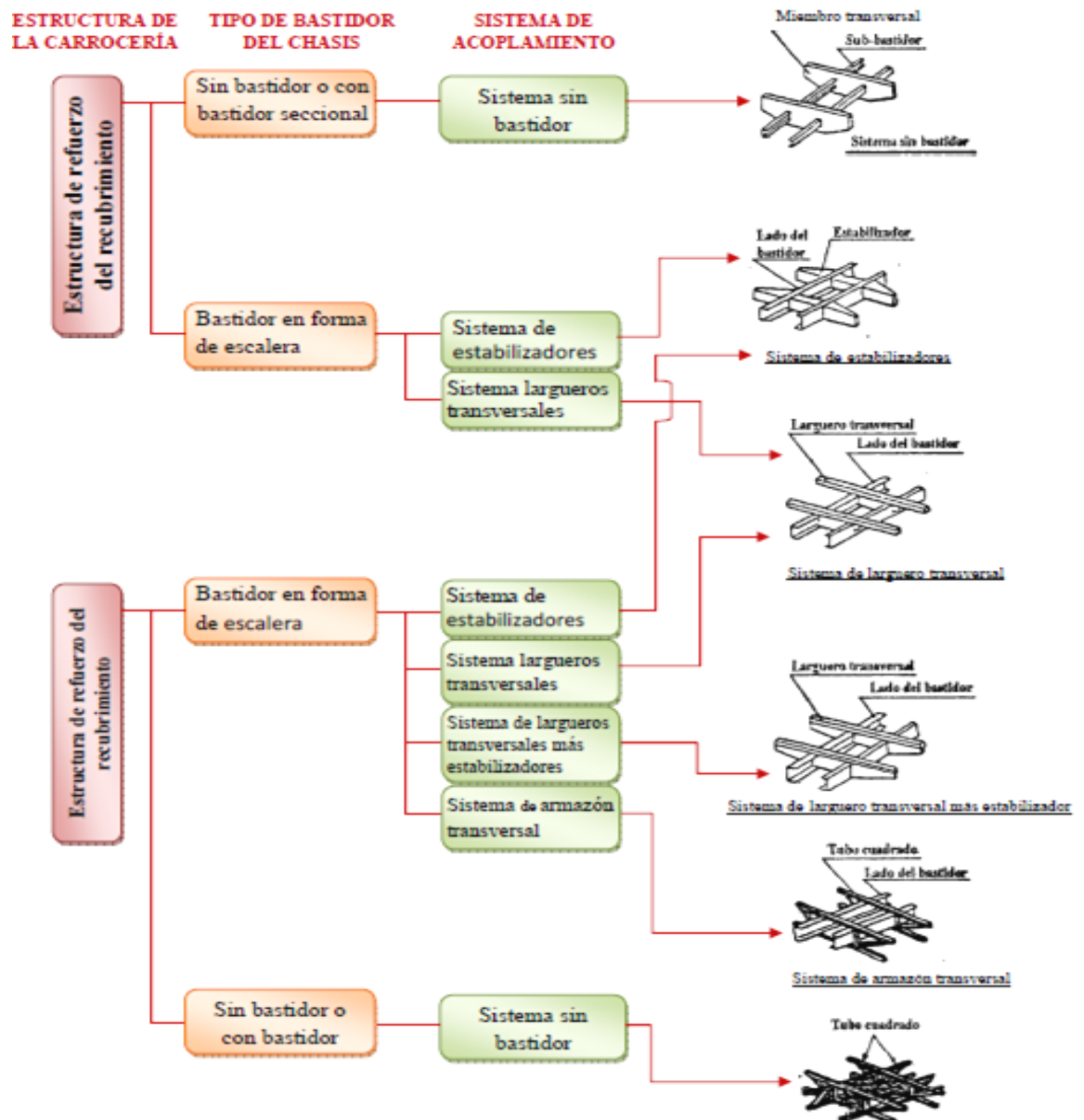


Figura N° 2.15: Unión de la carrocería al bastidor del chasis.

(Fuente: Jaque, D. & Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Pág. 42.)

Adicionalmente a estos métodos, existe también un sistema de montaje con caucho el cual se usa para minimizar la vibración y ruidos transmitidos desde el chasis hacia la carrocería cuando el vehículo esta en operación.

La reducción de la dureza del caucho (rango de elasticidad) reduce el ruido en proporción directa, sin embargo, esto también reduce la durabilidad del caucho. El uso del caucho según lo descrito, cambia tanto la rigidez de la unión chasis-carrocería y las características de vibración de toda la carrocería, y afecta la resistencia de la carrocería y el confort durante el viaje en presencia de la vibración.

### **b) Estructura del piso**

La estructura básica debe absorber todas las cargas durante la marcha. La estructura del piso no solo que soporta directamente el peso de la carga útil del vehículo, sino que, juega un rol extremadamente importante en la unión del bastidor del chasis con la carrocería del bus y asegura la rigidez estructural total y la existencia. El método de la unión de la carrocería al bastidor del chasis, que se realiza por los durmientes transversales, es un tipo de diseño adoptado por gran parte de los fabricantes de carrocerías en todo el mundo.

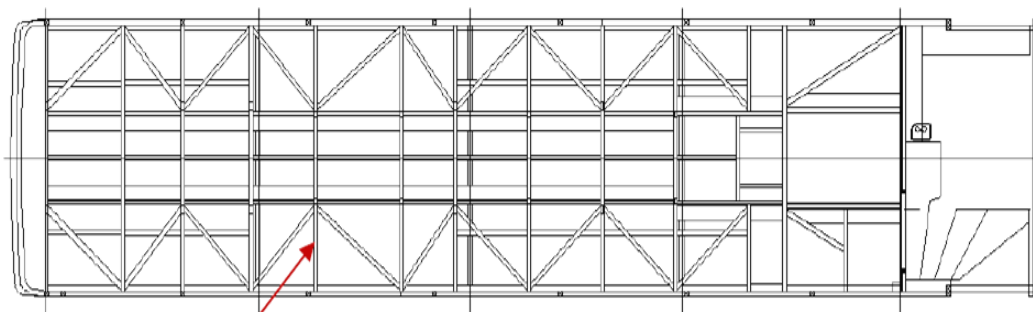


Figura N° 2.16: Estructura del piso.

**(Fuente:** Jaque, D. & Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Pág. 34.)

### c) Estructura lateral

La mayoría de la fuerza de combamamiento que actúa sobre el bus está soportada por la rigidez del esqueleto de las estructuras laterales del lado derecho e izquierdo.

La carga torsional transmitida vía bastidor del chasis también actúa sobre las estructuras del lado derecho e izquierdo respectivamente, en forma de cargas de combamamiento hacia arriba y hacia abajo de diferentes fases. La carga torsional se refiere a una carga de combamamiento vertical sobre las estructuras laterales del lado derecho e izquierdo.

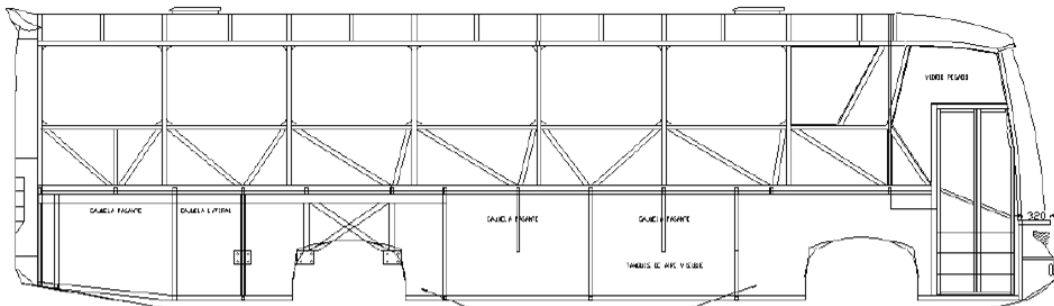


Figura N° 2.17: Estructura lateral.

(Fuente: Jaque, D. & Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Pág. 36.)

### d) Estructura del techo

El esqueleto del techo debe soportar altos esfuerzos dinámicos. Su estructura es en forma de enrejamiento con contrafuertes extendidos en la dirección frontal posterior de la carrocería. Las cerchas del techo deben montarse de forma que resulte una unión transversal con las columnas de las ventanas o puertas y las cuadernas del esqueleto del piso.

Según la rigidez exigida y para asegurar la exactitud dimensional se pueden montar adicionalmente cerchas intermedias, chapas en forma de “Z”, en forma de “U” para las claraboyas y refuerzos intermedios en el interior de las cerchas en la parte central.

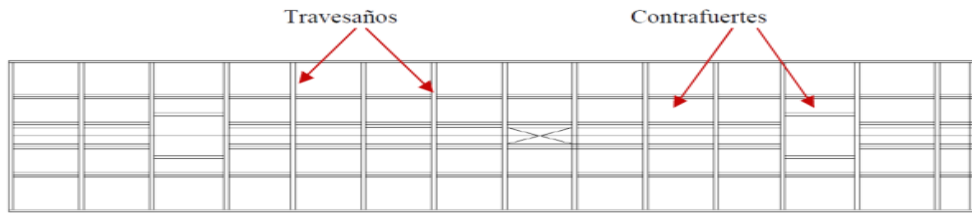


Figura N° 2.18: Estructura del techo.

(Fuente: Jaque, D. & Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Pág. 36.)

### e) Estructura delantero

El esqueleto de la parte delantera contribuye considerablemente en la rigidez transversal de la carrocería completa. Este se debe reforzar con chapas de empuje, además se deberán reforzar los huecos necesarios como por ejemplo aberturas para la entrada de aire mascarilla, faros, etc., con encuadernamientos rígidos a la flexión la mayoría de las fuerzas que actúan sobre la estructura frontal, son cargas torsionales, puesto que actúan las reacciones desde la superficie de la carretera sobre la carrocería hacia la derecha e izquierda alternativamente.



Figura N° 2.19: Estructura delantero.

(Fuente: Jaque, D. & Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Pág. 37.)

### f) Estructura posterior

El esqueleto de la parte posterior, igual que el de la parte delantero, contribuye considerablemente a la rigidez transversal de la carrocería. Este se debe reforzar



con diagonales y esquinas con curvas. Reforzar los huecos necesarios como por ejemplo para el vidrio posterior, compuerta posterior, focos, etc., con encuadernamientos rígidos a la flexión, una estructura posterior correctamente diseñada aumenta considerablemente la rigidez lateral del montaje de la carrocería, esta debe incorporar puntales diagonales donde sea posible.



Figura N° 2.20: Estructura posterior.

(Fuente: Jaque, D. & Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Pág. 35.)

### **g) Paso de las ruedas**

Los pasos de ruedas guardafangos y las escotaduras de las paredes laterales se deben construir de forma que garanticen el movimiento libre de la ruedas y eviten que las piedras, y el agua lanzados por los neumáticos durante la conducción den en partes del chasis y también para prevenir que el polvo ingrese en el motor, suspensiones parciales y dobles de las ruedas delanteras depende del tamaño y el tipo de ruedas por lo que se debe prestar especial atención a la holgura de las ruedas cuando diseñe los arcos de las ruedas y los huecos de estas, por ejemplo para el ángulo de dirección, la desviación del muelle y la compresión del muelle de una cara al tomar una curva.

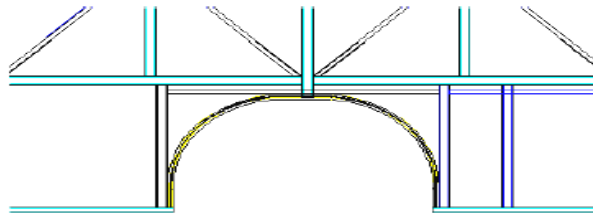


Figura N° 2.21: Ejemplo de un alojamiento para ruedas

(Fuente: Jaque, D. & Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Pág. 35.)

### h) Estructura de esfuerzos de recubrimiento externo

Los paneles exteriores son los principales elementos de la resistencia de la estructura de la carrocería. El tamaño de las aberturas en los paneles exteriores debe ser restringido a fin de asegurar la rigidez suficiente. Una gran cantidad de remaches usados en este tipo de construcción, desmerece la apariencia del vehículo.

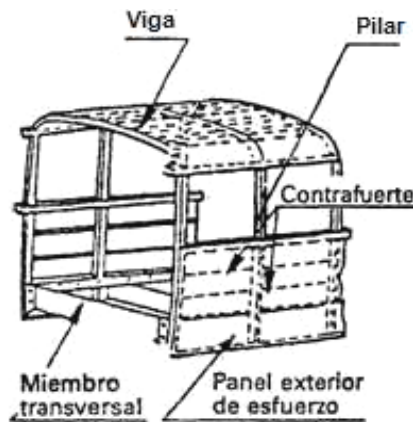


Figura N° 2.22: Estructura de refuerzo del recubrimiento externo.

(Fuente: Jaque, D. & Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Pág. 39.)

### i) Estructura de esfuerzos de recubrimiento interno

Los paneles interiores son los principales elementos de la resistencia de la estructura de la carrocería. Debido a que los elementos de la resistencia están en el

interior de la carrocería, el exterior puede ser cubierto con paneles decorativos exteriores plancha de bobina galvanizada de una sola hoja, dando a este tipo de carrocería la ventaja en su apariencia.

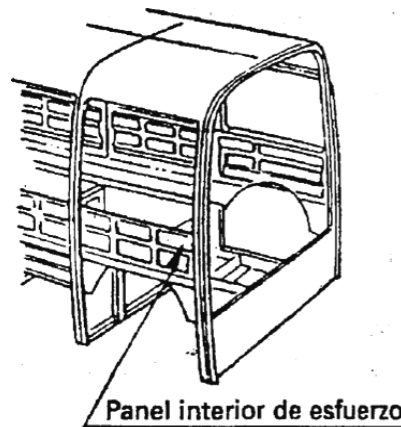


Figura N° 2.23: Estructura de refuerzo del recubrimiento interno.

(Fuente: Jaque, D. & Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Pág. 40.)

### 2.1.2.27 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CARROCERÍA

#### a) Carrocería

- La estructura es semicompacta resistente en perfil tubular galvanizada.
- Piso de tablero marino impermeabilizado.
- Revestimiento exterior (techo y laterales) en bobinas de acero galvanizado, frente y respaldo en fibra de vidrio.
- Guardachoque delantero en fibra de vidrio y estructura de perfil tubular de acero negro.
- Guardachoque posterior de acero negro.

#### b) Protección anticorrosiva

- Pintado de estructura, forros exteriores e interiores en anticorrosivo.
- Protección de bajos.
- Pintura de fondo en acrílico.

- Impermeabilizado de forros con SIKAFLEX 221.

### **c) Puertas y bodegas**

- Puertas de acceso principal: plegable, abatible (con accionamiento neumático)
- Compuerta de bodega posterior pasante, pantográfica con amortiguadores y bloqueo, para el generador.
- Compuerta lateral izquierda y derecha pantográfica con amortiguadores y bloqueo
- Compuerta de la cajuela de las baterías con amortiguadores sin bloqueo.
- Cristales
- Parabrisas panorámicos templados (frontal y posterior).
- Ventanas laterales con cristales templados bronce y claros.
- Limpiaparabrisas eléctricos.
- Brazos y plumas limpiaparabrisas.

### **d) Habitáculo del chofer y pasajero**

- Asiento de conductor deslizante, tejido y forrado.
- Tablero en fibra de vidrio, consola en fibra de vidrio con rotulación del destino y parasol
- Espejos, retrovisores exteriores e interiores.
- Luz de salón en el techo (intermedio).
- Iluminación incandescente con luz de penumbra integrada.
- Forrado interior en chapa de acero galvanizado recubierto de corosil.
- Protección de gradas de acceso en aluminio corrugado y perfil en plástico.
- Claraboyas en el techo.

### **e) Iluminación**

- Iluminación estándar acorde a las normas de tránsito
- Acceso principal iluminado con fluorescente
- Bodegas iluminadas.

- 3 lámparas fluorescentes de 110V 20W, 3 luces de salón led de 24V con switch independiente instalado en el área de oficina.

#### **f) Adicionales**

- Puerta principal basculante (con accionamiento neumático) y pantográfica.
- División entre los pasajeros y el chofer en acero tubular, madera forrado con corosil, con protección de vidrio de seguridad puerta plegable con accionamiento neumático.
- Ambiente cerrado de trabajo para instalación de equipos, con su respectiva puerta corrediza con chapa de seguridad.
- Estantería tipo closet con tres divisiones internas que sirvan para guardar herramientas mecánicas, eléctricas y electrónicas.
- Mueble de 1.3 m de alto, 1.8m de largo, 0.6m de ancho, convertible en 2 literas de una plaza, con puerta corrediza para convertirse en pequeña bodega en la parte inferior, El material acero galvanizado compuesto de columnas de tubos rectangulares de 50x25x2mm, vigas de hierro angular de 25x25x4mm, plancha de madera de 20mm de espesor.
- Mueble estantería especial de 1,8m de alto por 2.1 m de ancho ubicado en la parte lateral de la estación, servirá como soporte para ubicación de 8 pantallas de 22”, teclados, radios, DVD, jostick, radio control.

#### **2.1.2.28 DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LAS CARROCERÍAS**

La empresa realiza varios tipos de carrocerías como son: interprovinciales, urbanos (bus-tipo), escolares, turismo y especiales la cual se utiliza una sola línea de producción en la elaboración de sus productos.

La empresa está distribuida por un edificio administrativo, diseño–planificación, mantenimiento y producción, a continuación se detalla el proceso productivo para la fabricación de las carrocerías:

### **a) Departamento de diseño y producción**

Después de realizar la recepción del chasis, se procede al estudio de las medidas y análisis de la orden de trabajo para la elaboración de los planos, luego se entrega la orden de trabajo y los planos a las diferentes secciones.

### **b) Sección máquinas herramientas**

Una vez entregado la orden de trabajo se procede a la preparación de los materiales, como son los perfiles en U, Z, L que son para los refuerzos de la estructura de acuerdo a las necesidades de las diferentes secciones.

### **c) Sección estructuras**

- **Preparación material estructura:** Antes de empezar la fabricación de las carrocerías todos los materiales son debidamente preparados, para esto existe un área de desengrase y fosfatizado, donde se realiza: lavado de los tubos, fosfatizado y fondeado con anticorrosivo de materiales piso, techo, laterales según especificaciones en el plano de construcción, y materiales para la estructura en general.
- **Preparación del chasis:** Ingresado el chasis a la planta de producción, el proceso empieza con la preparación, que consiste en el embalado de cables del sistema eléctrico, volante, palanca de cambio, se cubre con pedazos de corosil para protección de la soldadura. Luego el chasis es alineado para que la carrocería tenga una posición completamente horizontal y nivelada con respecto a la superficie, se corta o se aumenta el bastidor según el diseño de la cajuela posterior pasante, después se colocan los apoyos de la estructura del piso.
- **Construcción del piso, laterales y techo:** Luego de ser construidos el piso, los laterales y el techo en sus respectivos puestos de trabajo son transportados al ensamblaje en el chasis. Formando así la estructura de la carrocería.
- **Construcción del arrastre:** Para terminar el lateral bajo el nivel del piso, se estructura con refuerzos que facilitan el forrado de los laterales, de la misma

forma se empieza la estructuración de los guardafangos delanteros y posteriores de la carrocería.

- **Estructuración de cajuelas:** En la carrocería interprovincial se construye primero el arrastre, para después estructurar las cajuelas posteriores y laterales pasantes, estos son soldados al bastidor del chasis, rompe vientos y refuerzos en toda la estructura de la carrocería para posteriormente resoldar.
- **Construcción de las gradas:** Luego de haber realizado el montaje del piso, laterales y techo, se procede a construir las gradas de acceso en la parte delantera para el Interprovincial, para el Bus-Tipo se construye la grada delantera y posterior, son construidos en plancha de acero laminado en frío como también en plancha galvanizada y soldada entre ellas.
- **Construcción de los asientos:** Se procede a la estructuración de los asientos en tubería redonda de acuerdo a los diseños y modelos más modernos, se traslada a la cabina de pintura de los asientos posteriormente a la sección de tapizado quienes se encargaran en terminar los asientos.

#### **d) Sección fibra de vidrio**

**Formado de partes en fibra:** Se preparan los moldes de las diferentes piezas para luego aplicar la fibra junto con la resina, hiercol y desmoldantes obteniendo así: el frente, respaldo, concha, guardachoques, mascarilla del frente, laterales internos, baño, partes de los asientos, etc.

#### **e) Sección frente y respaldo**

- **Construcción del frente y respaldo:** Después del resoldado general y la estructuración de las cajuelas pasantes (laterales y posterior) se procede a la estructuración de los refuerzos del frente (con guardachoque) y posterior (con guardachoque) de acuerdo a la forma de las fibras preparadas, luego posteriormente se dan los acabados pertinentes a cada uno de los elementos que conforman tanto el frente y posterior.
- **Estructuración de la porta llanta:** El alojamiento de la rueda de emergencia es moldeada junto con la fibra del respaldo esto en el caso del bus Interprovincial, mientras que en el Bus-Tipo se construye una cajuela

exclusivo en la parte lateral derecho de la carrocería con una compuerta de seguridad.

#### **f) Forrado exterior**

- **Forrado del techo:** Transportada la estructura de la carrocería a la sección vestidura se procede a preparar las planchas de acero galvanizado-aluzinc, según las dimensiones indicadas en el plano. Luego se procede al montaje de las mismas solapadas una sobre otra, se aplica adhesivos-sellantes así como puntos de suelda en los filos también son tensadas. Concluido la operación esta es remachado y colocado las claraboyas.
- **Forrado de laterales:** Luego de colocar los refuerzos para los forros, se procede a preparar la estructura de los laterales mediante la aplicación de aditivos (sicaflex, sika-premier y elastómeros), posteriormente se realiza el montaje de las planchas preparadas en cada uno de los laterales y tensados, garantizando la planitud de la superficies.
- **Adaptaciones:** Dependiendo del modelo de la carrocería se procede a realiza las adaptaciones pertinentes como: la adaptación del tubo de escape, adaptación del depurador, construcción y montaje de los guardalodos y adaptación del parabrisas delantero.

#### **g) Sección Puertas y Compuertas**

- **Construcción de puertas:** Una vez construido las gradas y forrado los laterales se colocan los parantes des las puertas, para luego construir y acoplar las puertas con sus mecanismos en la carrocería, dando los acabados en sus puestos de trabajo para posteriormente ser ensamblados.
- **Construcción de las compuertas laterales:** Se estructura las compuertas, luego se coloca las aletas para llevar a la carrocería donde se trazan a la medida de construcción, son debidamente forradas y remachadas se colocan las chapas de apertura, así como los seguros.
- **Construcción de la compuerta posterior:** Es estructurada y moldeada la fibra en el respaldo para luego realizar los acabados en el puesto de trabajo.



#### **h) Sección división y tortuga**

- **Tapa del motor (tortuga):** Para la construcción del piso del chofer se realiza adaptaciones de todo el sistema del volante, palanca de cambios, de acuerdo a la marca del chasis, se sueldan refuerzos y se forra el piso donde se colocará el asiento del chofer. Inmediatamente se construye las bases de la tapa del motor utilizando los materiales preparados en máquinas-herramientas, posteriormente se realiza la estructuración de la tapa del motor en la carrocería y se da los acabados necesarios en el puesto de trabajo.
- **División Cabina:** Se estructura la división, luego se construye la puerta realizando la adaptación en la carrocería y dando los acabados en el puesto de trabajo.
- **Adaptación del tablero:** Una vez construido el piso de la cabina y adaptado el parabrisas delantero, se procede a la adaptación del tablero utilizando materiales flexibles para dar su forma y diseño como también los refuerzos para el ensamble de la fibra.

#### **i) Sección guardafangos y forro de cajuelas**

- **Construcción de guardafangos:** El diseño que se utiliza difiere de acuerdo al modelo, luego de la estructuración se colocan las aletas para realizar los acoples en la carrocería, posteriormente forrado y dado los acabados en el puesto de trabajo.
- **Forrado de las cajuelas:** Luego de colocar los refuerzos para los forros, se prepara la superficie (sikaflex), se colocan las planchas de aluminio corrugado y se sellan las uniones, también se construyen el porta baterías, porta herramientas y seguro de la rueda de emergencia y colocados la carrocería correspondiente.

#### **j) Sección cabina**

- **Entablado del piso:** Terminado las adaptaciones en la estructura del piso se procede a preparar, luego se aplica sikaflex en la estructura y se coloca las

planchas marino en todo el piso de acuerdo al diseño de la carrocería a su vez son sujetos con pernos.

- **Adaptaciones de la consola:** Moldeada la consola en la sección de fibra de vidrio es adaptada de acuerdo al modelo de la carrocería extendiendo o reduciendo en sus dimensiones para acoplar al interior de la carrocería (cabina del chofer).
- **Tapizado de la cabina:** Se preparan las superficies de la cabina del chofer y forros de corosil, luego se proceden a tapizar toda la cabina (Para el tapizado de la cabina se debe realizar el tendido eléctrico).
- **Adaptación del tarjetero:** Para el Bus Tipo se realiza la adaptación de las bases del tarjetero y se colocan los refuerzos para luego ser instalado.

#### **k) Sección forrado interior**

- **Forado interior de laterales:** Preparado la estructura de los laterales interiores son forrados con planchas de fibra y corosil en el caso del bus Interprovincial, mientras que para el Bus-Tipo se utiliza en acero inoxidable, estas son remachadas y pegadas a la estructura de los costados al interior de la carrocería.
- **Forado del respaldo y techo interior:** Después de realizar el tendido eléctrico, se forra el respaldo interior y los costados del techo con aluzinc, luego se tapiza, mientras que en el medio se coloca fibra de vidrio.

#### **l) Sección colocación asientos**

- **Colocación de asientos:** Se prepara el piso y se tapiza con vinil posteriormente son colocados los asientos de los pasajeros, chofer y azafata como también se coloca los accesorios como son extintores, expulsores, manilla, basureros, etc.

#### **m) Sección tapicería**

Tapizado los asientos son ensamblados en su estructura luego se coloca en la carrocería, a su vez se tapiza con corosil la división de la cabina.

#### **n) Sección pintura**

- **Fondeado de la estructura:** Terminada la estructura de la carrocería se procede a fondear, luego se traslada a la sección vestidura.
- **Preparación y pintado de la carrocería:** Construidas las compuertas laterales, guardafangos son transportados a la sección pintura donde masilla, pulen y aplican fondo para luego ser colocados en la carrocería, a su vez; forrado el techo, laterales, respaldo y frente son preparados para ingresar a la cabina de horno donde se procede a cubrir con adhesivos en las partes a no ser pintado, inmediatamente se pinta la carrocería con la pintura de poliuretano de acuerdo al diseño y normas técnicas proporcionadas por la marca utilizada.

#### **o) Sección electricidad**

Se realiza las instalaciones eléctricas antes y durante el acople del tablero como también las distintas conexiones eléctricas para controlar todo el sistema de iluminación:

- **Interior:** Luces de salón, luz de cabina, gradas, bodegas.
- **Exterior:** Cucuyas, luces exteriores del faldón, direccionales, neblineros.
- **Accesorios:** Sistema de audio, video, plumas limpiaparabrisas, etc.

#### **p) Sección acabados/terminados de la carrocería.**

Pintado el bus es transportado a la sección de acabados donde se proceden a la instalación de accesorios tanto internos como externos en toda la carrocería.

- **Instalaciones neumáticas:** Antes del forrado interno de las cajuelas se procede a la instalación neumática de todas sus cañerías para las compuertas laterales, puertas delanteras-posteriores, mascarilla. Después de haber pintado la carrocería son colocadas las válvulas de accionamientos.
- **Montaje de ventanas:** Después de subir los asientos son colocadas las ventanas y selladas adecuadamente.

- **Colocación de accesorios:** Se procede a la colocación del baño, compuerta posterior, puertas, consola, tablero, aletas, botaguas, guardapolvos, protectores de cajuelas, tanque de combustible, baterías, tapas de booster, cortinas etc.
- **Colocación de parabrisas:** Se pegan los vidrios en la cabina, parabrisas posterior, delantero y sellado adecuadamente.
- **Limpieza general:** Efectuado el montaje de todas las partes de la carrocería se realiza la limpieza general del bus tanto interna como externa.
- **Prueba de agua:** La carrocería se traslada a la prueba de agua donde se verificar la impermeabilidad.
- **Control de calidad y revisión final:** Realizada la limpieza general el Ingeniero del departamento diseño-producción es el encargado de verificar fallos de pintura, acabado superficial, impermeabilidad, funcionamiento del sistema eléctrico en general, sistema neumático de apertura y cierre de puertas, seguros compuertas, mascarilla, y otros accesorios del bus, luego se realiza la prueba de ruta donde se verifica su estabilidad, garantizando así la calidad del producto entregado al cliente.

#### **q) Entrega del bus al cliente.**

Finalmente el bus es entregado al cliente quien retirará el bus completamente terminado revisando las condiciones con la que realizó el contrato.” [22]

#### **2.1.2.29 ERGONOMÍA**

“La ergonomía es el proceso de adaptar el trabajo al trabajador. La ergonomía se encarga de diseñar las máquinas, las herramientas y la forma en que se desempeñan las labores, para mantener la presión del trabajo en el cuerpo a un nivel mínimo. La ergonomía pone énfasis en cómo se desarrolla el trabajo, es decir qué movimientos corporales hacen los trabajadores y qué posturas

---

<sup>22</sup> Jaque, D. & Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. Pág. 71-82.

mantienen al realizar sus labores. La ergonomía también se centra en las herramientas y el equipo que los trabajadores usan, y en el efecto que éstos tienen en el bienestar y la salud de los trabajadores. La Ergonomía es un arte que busca que los humanos y la tecnología trabajen en completa armonía, diseñando y manteniendo los productos, puestos de trabajo, tareas, equipos, etc. en acuerdo con las características, necesidades y limitaciones humanas. Dejar de considerar los principios de la ergonomía llevará a diversos efectos negativos que en general se expresan en lesiones, enfermedad profesional, o deterioros de productividad y eficiencia. La ergonomía analiza aquellos aspectos que abarcan al entorno artificial construido por el hombre, relacionado directamente con los actos y gestos involucrados en toda actividad de éste. En todas las aplicaciones su objetivo es común: se trata de adaptar los productos, las tareas, las herramientas; los espacios y el entorno en general a la capacidad y necesidades de las personas, de manera que mejore la eficiencia, seguridad y bienestar de los consumidores, usuarios o trabajadores.” [23]

De recopilado la ergonomía también es la disciplina tecnológica que trata del diseño de lugares de trabajo, herramientas y tareas que coinciden con las características fisiológicas, anatómicas, psicológicas y las capacidades del trabajador, busca la optimización de los tres elementos del sistema humano, máquina y el ambiente en el que desenvuelven sus actividades, para lo cual elabora métodos de estudio de la persona, de la técnica y de la organización.

### **2.1.2.30 DEFINICIÓN DE ERGONOMÍA**

“Etimológicamente; la palabra ergonomía es una conjunción de los vocablos "ergos" que significa trabajo y "nomos" que es leyes naturales, lo que daría como resultado el "estudio de las leyes naturales que regulan al trabajo".

La ergonomía intenta ajustar el trabajo al hombre, pero no ajustar al hombre al trabajo. Es la adaptación del entorno al individuo, que valiéndose de

---

<sup>23</sup> Martin, M. (2004). UCLA Labor Occupational Safety & Health Program LOSH. New York. U.S.A. Recuperado de [http:// www.losh.ucla.edu/losh/resources-ublications/.../ergo\\_spanish.pdf](http://www.losh.ucla.edu/losh/resources-ublications/.../ergo_spanish.pdf)

conocimientos anatómicos, fisiológicos, psicológicos, sociológicos y técnicos, desarrolla métodos para la determinación de los límites que no deben ser superados por las personas en la realización de las distintas actividades laborales. En cuanto a la protección de la salud, la ergonomía busca reducir o evitar las enfermedades generadas por el trabajo, que históricamente fueron atribuidas en las personas de mayor edad por el envejecimiento natural del cuerpo y que hoy en día gracias al avance en esta materia se puede demostrar, que son consecuencia de un sin número de sobre sollicitaciones, tales como las posturas antinaturales, los movimientos repetitivos o no adecuados, y las exposiciones a ruidos, vibraciones, gases, iluminación, que afectan al organismo en el transcurso del tiempo.” [24]

Ergonomía es la adaptación del medio al hombre, se aplica a todo el entorno de las personas, ya sea en el ámbito laboral, en el hogar, en el transporte, en el deporte, etc. Al referirnos específicamente al área del trabajo, la Ergonomía suele definirse como la humanización del trabajo y el confort laboral. Podemos decir que la Ergonomía se encarga de adaptar el medio a las personas mediante la determinación científica de la conformación de los puestos de trabajo.

#### **2.1.2.31 OBJETIVO DE LA ERGONOMÍA**

El objetivo básico de la ergonomía es conseguir la eficiencia en cualquier actividad realizada con un propósito, eficiencia en el sentido más amplio, de lograr el resultado deseado sin desperdiciar recursos, sin errores y sin daños en la persona involucrada o en los demás. No es eficaz desperdiciar energía o tiempo debido a un mal diseño del trabajo, del espacio de trabajo, del ambiente o de las condiciones de trabajo.

La ergonomía es garantizar que el entorno de trabajo esté en armonía con las actividades que realiza el trabajador. Este objetivo es válido en sí mismo, pero su consecución no es fácil por una serie de razones<sup>9</sup>. El operador humano es flexible y adaptable y aprende continuamente, pero las diferencias individuales pueden ser

---

<sup>24</sup> AREF. A, Fernández. W. (2007) Ergonomía. Argentina, págs. 3-4

muy grandes. Algunas diferencias, tales como las de constitución física y fuerza, son evidentes, pero hay otras, como las diferencias culturales, de estilo o de habilidades que son más difíciles de identificar.

Los siguientes puntos están entre los objetivos generales de la ergonomía:

- Reducción de lesiones y enfermedades ocupacionales.
- Disminución de los costos por incapacidad de los trabajadores.
- Aumento en la productividad y calidad.
- Aumento en la productividad y eficacia.
- Fiabilidad.
- Satisfacción con el trabajo.
- Desarrollo personal.
- Aplicación de las normas existentes.
- Disminución de la pérdida de materia prima.
- Disminución del ausentismo.
- Aumento del confort y el bienestar de los trabajadores.
- Aseguramiento de condiciones que favorezcan un trabajo de calidad.

El objetivo principal está dado en la humanización del trabajo, la cual no se puede llevar a cabo si no existe de por medio una real rentabilidad para la empresa, quien es la que efectúa la inversión necesaria para llevar a cabo la meta; salvo que exista una ley o norma que reglamente su aplicación por lo cual su implementación, será obligatoria.

### **2.1.2.32 AÉREAS DE LA ERGONOMÍA**

La ergonomía interviene en diferentes áreas vinculadas con el desempeño de una o varias personas, en general podemos considerar lo siguiente:

#### **a) Ergonomía biomecánica**

“Es el área de la ergonomía que se dedica al estudio del cuerpo humano desde el punto de vista de la medicina clásica o newtoniana y la biología, pero también se

basa en el conjunto de conocimientos de la medicina del trabajo, la fisiología, antropometría y la antropología.

Su objetivo principal es el estudio del cuerpo con el fin de obtener un rendimiento máximo, resolver algún tipo de discapacidad, o diseñar tareas y actividades para que la mayoría de las personas puedan realizar sin riesgo de sufrir daños o lesiones.”<sup>[25]</sup>

### **b) Ergonomía ambiental**

Se encarga del estudio de las condiciones físicas que rodean al ser humano y que influyen en su desempeño al realizar diversas actividades, tales como el ambiente térmico, nivel de ruido, nivel de iluminación y vibración. La aplicación de los conocimientos de la ergonomía ayuda al diseño y evaluación de puestos y estaciones de trabajo, con el fin de incrementar el desempeño, seguridad y confort de quienes laboran en ellos.

### **c) “Ergonomía de diseño y evaluación**

Los ergonomistas del área de diseño y evaluación prácticamente durante el diseño y la evaluación de equipos, sistemas y espacios de trabajo; su aportación utiliza como base conceptos y datos obtenidos en mediciones antropométricas, evaluación biomecánicas, características sociológicas y costumbres de la población a la que está dirigido el diseño. Al diseñar o evaluar un espacio, es muy importante considerar que una persona puede requerir más de una estación de trabajo para realizar su actividad, de igual forma que más de una persona puede utilizar un mismo espacio en diferentes periodos de tiempo, por lo que es necesario tener en cuenta las diferencias entre los usuarios en cuenta su tamaño, distancia de alcance, fuerza y capacidad visual, para que la mayoría de los usuarios puedan efectuar sus trabajo en forma segura y eficiente.

---

<sup>25</sup> Icaza, A. (2007). Diseño y construcción de un prototipo de asiento ergonómico para buses interprovinciales. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. Pág. 24-26.



#### **d) Ergonomía de necesidades específicas**

Esta área se enfoca principalmente al diseño y desarrollo de equipos para personas adultas, población infantil y escolar, el diseño de microambientes autónomos.

#### **e) Ergonomía preventiva**

“Trabaja en íntima relación con las disciplinas encargadas de seguridad para evitar accidentes, dentro de sus principales actividades se encuentra el estudio y análisis de las condiciones de seguridad, salud y confort laboral.” [26]

Los especialistas en el área de ergonomía preventiva también colaboran con las otras especialidades de la ergonomía en el análisis de las tareas, como es el caso de la biomecánica y fisiología para la evaluación del esfuerzo y la fatiga muscular determinación del tiempo de trabajo y descanso.

#### **2.1.2.33 POSTURAS DE TRABAJO (SEGÚN MÉTODO REBA)**

“El método REBA o también conocida como Evaluación Rápida de las Extremidades Superiores, fue desarrollado por los doctores McAtamney y Corlett de la Universidad de Nottingham en 1993 (Institute for Occupational Ergonomics)

Se basa en la observación directa de las posturas adoptadas durante la tarea por las extremidades superiores, cuello, espalda y piernas. Determina cuatro niveles de acción en relación con los valores que se han ido obteniendo a partir de la evaluación de los factores de exposición antes citados. El análisis puede efectuarse antes y después de una intervención para demostrar que dicha acción ha influido en disminuir el riesgo de lesión.

El procedimiento de aplicación del método es el siguiente:

---

<sup>26</sup> Icaza, A. (2007). Diseño y construcción de un prototipo de asiento ergonómico para buses interprovinciales. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. Pág. 24-31.

- Determinar los ciclos de trabajo y observar al trabajador durante varios de estos ciclos.
- Seleccionar las posturas que se evaluarán.
- Determinar, para cada postura, si se evaluará el lado izquierdo del cuerpo o el derecho (en caso de duda se evaluarán ambos).
- Determinar las puntuaciones para cada parte del cuerpo  
Obtener la puntuación final del método y el nivel de actuación para determinar la existencias de riesgos.
- Revisar las puntuaciones de las diferentes partes del cuerpo para determinar dónde es necesario aplicar correcciones.
- Rediseñar el puesto o introducir cambios para mejorar la postura si es necesario.
- En caso de haber introducido cambios, evaluar de nuevo la postura con el método REBA para comprobar la efectividad de la mejora.”[27]

Tal como señalan los autores, REBA fue desarrollado para entregar una evaluación rápida de los esfuerzos a los que son sometidos los miembros superiores del aparato musculoesquelético de los trabajadores debido a postura, función muscular y las fuerzas que ellos ejercen. Una gran ventaja de REBA es que permite hacer una evaluación inicial rápida de gran número de trabajadores.

#### **2.1.2.34 APLICACIÓN DEL MÉTODO REBA**

##### **a) Grupo A**

El método comienza con la valoración y puntuación individual de los miembros ya sea del lado izquierdo o derecho del grupo A, formado por el tronco, el cuello y las piernas.

- Puntuación del tronco

---

<sup>27</sup> Norma NTP 601.(2000). Evaluación de las condiciones de trabajo.

El primer miembro a evaluar del grupo A es el tronco. Se deberá determinar si el trabajador realiza la tarea con el tronco erguido o no, indicando en este último caso el grado de flexión o extensión observado.

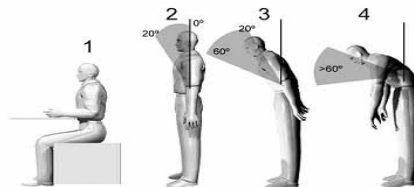


Figura N° 2.24:: Posición del tronco.

(Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 4.)

Tabla N°2.6: Puntuación del tronco.

Puntos	Posición
1	Sentado, bien apoyado y con un ángulo tronco-caderas $>90^\circ$ .
2	Si está flexionado entre $0^\circ$ y $20^\circ$
3	Si está flexionado entre $20^\circ$ y $60^\circ$ .
4	Si está flexionado más de $60^\circ$ .

Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 4.

La puntuación del tronco incrementará su valor si existe torsión o lateralización del tronco. Ambas circunstancias no son excluyentes y por tanto podrán incrementar el valor original del tronco hasta en 2 unidades si se dan simultáneamente.

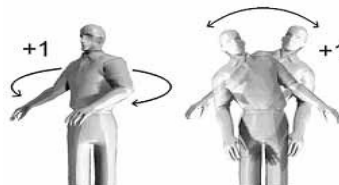


Figura N° 2.25: Posición que modifica la puntuación del tronco.

(Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 4.)

Tabla N°2.7: Modificación de la puntuación del tronco.

Puntos	Posición
+1	Existe torsión o inclinación lateral del tronco.

Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 4.

➤ Puntuación del cuello

En segundo lugar se evaluará la posición del cuello. El método considera dos posibles posiciones del cuello.

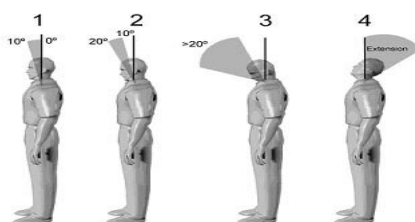


Figura N° 2.26: Posición del cuello.

(Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 4.)

Tabla N°2.8: Puntuación del cuello.

Puntos	Posición
1	Si existe flexión entre 0° y 10°.
2	Si está flexionado entre 10° y 20°.
3	Para flexión mayor de 20°
4	Si está extendido.

Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 4.

La puntuación hasta el momento calculada para el cuello podrá verse incrementada si el trabajador presenta inclinación lateral o rotación.



Figura N° 2.27: Posición que modifica la puntuación del cuello.

(Fuente: NTP 601. Método REBA.)

Tabla N°2.9: Modificación de la puntuación del cuello.

Puntos	Posición
+1	Existe torsión y/o inclinación lateral del cuello.

Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 4.

➤ Puntuación de las piernas

Para terminar con la asignación de puntuaciones de los miembros del grupo A se evaluará la posición de las piernas. La siguiente tabla permitirá obtener la puntuación inicial asignada a las piernas en función de la distribución del peso.

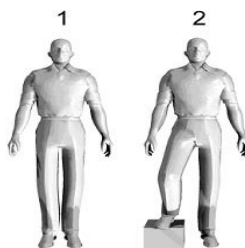


Figura N° 2.28: Posición de las piernas.

(Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 4.)

Tabla N°2.10: Puntuación de las piernas.

Puntos	Posición
1	Sentado, con pies y piernas bien apoyados.
1	De pie con el peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición.
2	Si los pies no están apoyados, o si el peso no está simétricamente distribuido

Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 4.

La puntuación de las piernas se verá incrementada si existe flexión de una o ambas rodillas. El incremento podrá ser de hasta 2 unidades si existe flexión de más de 60°. Si el trabajador se encuentra sentado, el método considera que no existe flexión y por tanto no incrementa la puntuación de las piernas.



Figura N° 2.29: Ángulo de flexión de las piernas.

(Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 4.)

Tabla N°2.11: Modificación de la puntuación de las piernas.

Puntos	Posición
+1	Existe flexión de una o ambas rodillas entre 30 y 60°.
+2	Existe flexión de una o ambas rodillas de más de 60° (salvo postura sedente).

Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 5.

## b) Grupo B

La valoración de cada miembro del grupo B, formado por el brazo, antebrazo y la muñeca. Cabe recordar que el método analiza una única parte del cuerpo, lado derecho o izquierdo, por tanto se puntuará un único brazo, antebrazo y muñeca, para cada postura.

### ➤ Puntuación del brazo

El primer miembro a evaluar será el brazo en función del ángulo formado por el brazo, se obtendrá su puntuación consultando la tabla que se muestra a continuación:

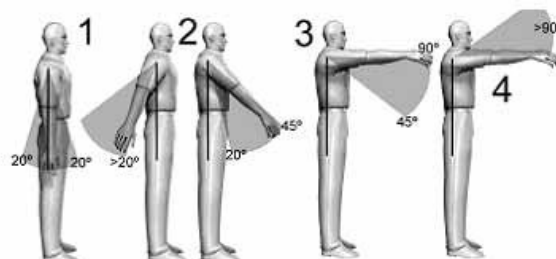


Figura N° 2.30: Posición del brazo.

(Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 5.)

Tabla N°2.12: Puntuación del brazo.

<b>Puntos</b>	<b>Posición</b>
1	El brazo está entre 0 y 20 grados de flexión ó 0 y 20 grados de extensión.
2	El brazo está entre 21 y 45 grados de flexión o más de 20 grados de extensión.
3	El brazo está entre 46 y 90 grados de flexión.
4	El brazo está flexionado más de 90 grados.

**Fuente:** NTP 601. Método REBA. Pág. 5.

La puntuación asignada al brazo podrá verse modificada, aumentando o disminuyendo su valor depende de la posición de los hombros según la tabla siguiente:



Figura N° 2.31: Posición que modifica la puntuación del brazo.

**(Fuente:** NTP 601. Método REBA. Pág. 5.)

Tabla N°2.13: Modificación de la puntuación del brazo.

<b>Puntos</b>	<b>Posición</b>
+1	Si el hombro está elevado o el brazo rotado.
+1	Si los brazos están abducidos
-1	Si el brazo tiene un punto de apoyo.

**Fuente:** NTP 601. Método REBA. Pág. 5.

➤ Puntuación del antebrazo

La puntuación asignada al antebrazo será nuevamente función de su posición.

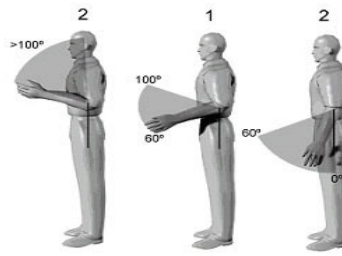


Figura N° 2.32: Posición del ante brazo.

(Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 5.)

Tabla N°2.14: Puntuación del antebrazo.

Puntos	Posición
1	Flexión entre 60° y 100°
2	Flexión < 60° ó > 100°

Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 5

La puntuación asignada al antebrazo podrá verse aumentada en dos casos: si el antebrazo cruzara la línea media del cuerpo, o si se realizase una actividad a un lado de éste. Ambos casos resultan excluyentes, por lo que como máximo podrá verse aumentada en un punto la puntuación original.



Figura N° 2.33: Posición que modifica la puntuación del antebrazo.

(Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 5.)

Tabla N°2.15: Modificación de la puntuación del antebrazo.

Puntos	Posición
+1	Si la proyección vertical del antebrazo se encuentra más allá de la proyección vertical del codo
+1	Si el antebrazo cruza la línea central del cuerpo.

Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 6.



➤ Puntuación de la muñeca

Para finalizar con la puntuación de los miembros superiores se analizará la posición de la muñeca. La figura muestra las dos posiciones consideradas por el método. Tras el estudio del ángulo de flexión de la muñeca se procederá a la selección de la puntuación correspondiente consultando los valores proporcionados por la tabla siguiente.

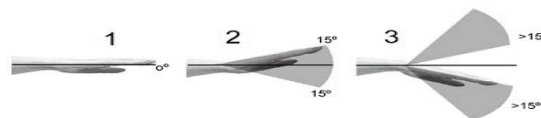


Figura N° 2.34: Posición de la muñeca.

(Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 6)

Tabla N°2.16: Puntuación de la muñeca.

Puntos	Posición
1	Si está en posición neutra respecto a flexión.
2	Si está flexionada o extendida entre 0° y 15°.
3	Para flexión o extensión mayor de 15°.

Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 6.

El valor calculado para la muñeca se verá modificado si existe desviación lateral o torsión. En ese caso se incrementa en una unidad dicha puntuación.



Figura N° 2.35: Torsión o desviación de la muñeca.

(Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 6.)

Tabla N°2.17: Modificación de la puntuación de la muñeca.

Puntos	Posición
+1	Existe torsión o desviación lateral de la muñeca.

Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 6.

➤ Puntuación de los grupos A y B

Las puntuaciones individuales obtenidas para el tronco, el cuello y las piernas, permitirá obtener una primera puntuación para el grupo A mediante la consulta de la tabla siguiente:

Tabla N°2.18: Puntuación inicial para el grupo A.

<b>Tabla A</b>													
<b>Cuello</b>	<b>Tronco</b>												
	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>		<b>6</b>		
	<b>Piernas</b>		<b>Piernas</b>		<b>Piernas</b>		<b>Piernas</b>		<b>Piernas</b>		<b>Piernas</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	
<b>1</b>	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7	
<b>2</b>	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7	
<b>3</b>	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	
<b>4</b>	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8	
<b>5</b>	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	
<b>6</b>	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	

Fuente: NTP 601. Método REBA.

Con las puntuaciones de brazo, antebrazo, muñeca y giro de muñeca, se asignará mediante la tabla siguiente una puntuación global para el grupo B.

Tabla N°2.19: Puntuación inicial para el grupo B.

<b>TABLA B</b>		<b>Antebrazo</b>					
		<b>1</b>			<b>2</b>		
<b>Muñeca</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Brazo</b>	<b>1</b>	1	2	2	1	2	3
	<b>2</b>	1	2	3	2	3	4
	<b>3</b>	3	4	5	4	5	5
	<b>4</b>	4	5	5	5	6	7
	<b>5</b>	6	7	8	7	8	8
	<b>6</b>	7	8	8	8	9	9

Fuente: NTP 601. Método REBA.

➤ Puntuación de la carga o fuerza

Las puntuaciones globales obtenidas se verán modificadas en función del tipo de actividad muscular desarrollada y de la fuerza aplicada durante la tarea. La puntuación de los grupos A y B se incrementarán en un punto si la actividad es principalmente estática (la postura analizada se mantiene más de un minuto seguido) o bien si es repetitiva (se repite más de 4 veces cada minuto).

Si la tarea es ocasional, poco frecuente y de corta duración, se considerará actividad dinámica y las puntuaciones no se modificarán. Además, para considerar las fuerzas ejercidas o la carga manejada, se añadirá a los valores anteriores la puntuación conveniente según la siguiente tabla:

Tabla N°2.20: Puntuación de la carga o fuerza.

<b>Puntos</b>	<b>Posición</b>
0	Si la carga o fuerza es menor de 2 Kg. y se realiza intermitentemente.
1	Si la carga o fuerza está entre 2 y 10 Kg. y se levanta intermitente.
2	Si la carga o fuerza está entre 2 y 10 Kg. y es estática o repetitiva.
2	Si la carga o fuerza es intermitente y superior a 10 Kg.
3	Si la carga o fuerza es superior a los 10 Kg., y es estática o repetitiva.
3	Si se producen golpes o fuerzas bruscas o repentinas.

**Fuente:** NTP 601. Método REBA. Pág. 8.

➤ **Puntuación del tipo de agarre**

El tipo de agarre aumentará la puntuación del grupo B (brazo, antebrazo y muñeca), excepto en el caso de considerarse que el tipo de agarre es bueno. La tabla siguiente muestra los incrementos a aplicar según el tipo de agarre. En lo sucesivo la puntuación del grupo B modificada por el tipo de agarre se denominará “Puntuación B”.

Tabla N°2.21: Puntuación del tipo de agarre.

<b>Puntos</b>	<b>Posición</b>
<b>+0</b>	<b>Agarre Bueno</b> El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio.
<b>+1</b>	<b>Agarre Regular</b> El agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo.
<b>+2</b>	<b>Agarre Malo</b> El agarre es posible pero no aceptable.
<b>+3</b>	<b>Agarre Inaceptable</b> El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo.

Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 9

➤ Puntuación C

La “Puntuación A” y la “Puntuación B” permitirán obtener una puntuación intermedia denominada “Puntuación C”. La siguiente tabla muestra los valores para la “Puntuación C”.

Tabla N°2.22: Puntuación C en función de las puntuaciones A y B.

<b>Tabla C</b>												
<b>Puntuación A</b>	<b>Puntuación B</b>											
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>1</b>	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
<b>2</b>	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
<b>3</b>	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
<b>4</b>	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
<b>5</b>	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
<b>6</b>	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
<b>7</b>	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
<b>8</b>	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
<b>9</b>	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
<b>10</b>	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
<b>11</b>	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
<b>12</b>	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 9.

➤ Puntuación final

Es el resultado de sumar a la “Puntuación C” el incremento debido al tipo de actividad muscular. Los tres tipos de actividad consideradas por el método no son excluyentes y por tanto podrían incrementar el valor de la “Puntuación C” hasta en tres unidades.

Tabla N°2.23: Puntuación del tipo de actividad muscular.

<b>Puntos</b>	<b>Actividades</b>
+1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de un minuto.
+1	Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar).
+1	Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables.

**Fuente:** NTP 601. Método REBA. Pág. 9.

El método clasifica la puntuación final en cinco rangos de valores. A su vez cada rango se corresponde con un Nivel de Acción. Cada Nivel de Acción determina un nivel de riesgo y recomienda una actuación sobre la postura evaluada, señalando en cada caso la urgencia de la intervención.

Tabla N°2.24: Niveles de actuación según la puntuación final obtenida.

<b>Puntuación Final</b>	<b>Nivel de Acción</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>Actuación</b>
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2-3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4-7	2	Medio	Es necesaria la actuación
8-10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11-15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

**Fuente:** NTP 601. Método REBA. Pág. 10.

➤ Flujo de obtención de puntuaciones

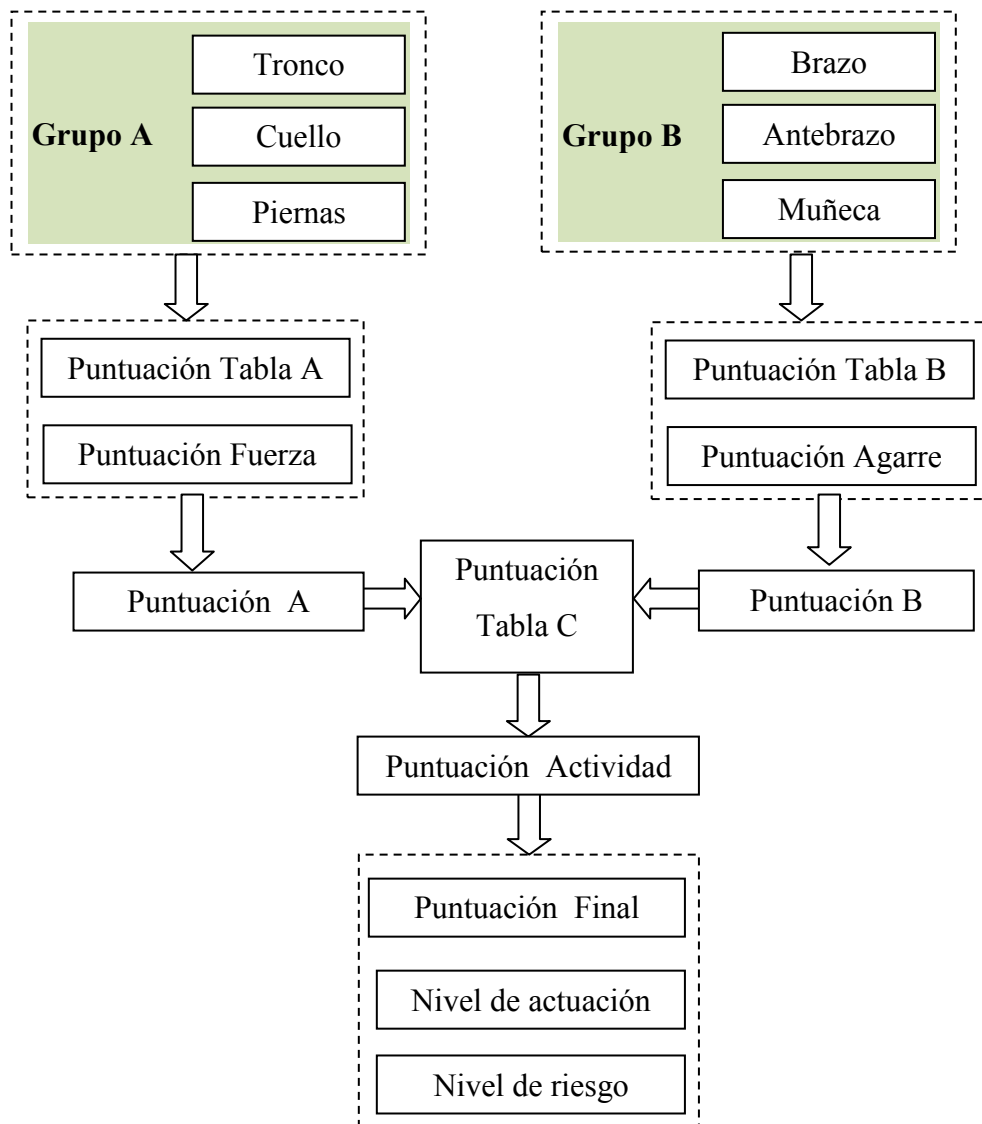


Figura N° 2.36: Flujo de obtención de puntuaciones en el método.

(Fuente: NTP 601. Método REBA. Pág. 7.)

### 2.1.2.35 ANTROPOMETRÍA

“El término antropometría proviene del griego anthropos (hombre) y metrikos (medida) y trata del estudio cuantitativo de las características físicas del hombre. El interés por conocer las medidas y proporciones del cuerpo humano es muy

antiguo. Los egipcios ya aplicaban una fórmula fija para la representación del cuerpo humano con unas reglas muy rígidas.” [28]

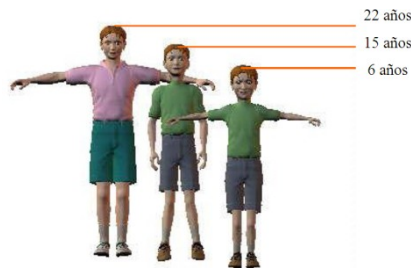


Figura N° 2.37: Antropometría.

(Fuente: Ruiz, M. (2001). Tablas antropométricas. Pág. 25.)

En conclusión la antropometría es el estudio de las medidas del cuerpo humano en todas sus posiciones y actividades, tales como alcanzar objetos. Correr, sentarse, subir y bajar escaleras, descansar, etc. Es el estudio de todos los caracteres métricos cuantitativos y cualitativos del cuerpo humano.

En el Ecuador no cuenta con una base de datos antropométricos de la población, lo que ha conducido a un conjunto de prácticas que no tienen en cuenta los percentiles de las personas cuando se busca diseñar elementos de trabajo, muebles, espacios, entre otros. Cuando los ergónomos tratan de aplicar sus conocimientos en el diseño o en el rediseño de estaciones de trabajo, deben consultar tablas de otros países, sin hacer ajustes o en el mejor de los casos haciendo ajustes de manera empírica.

Por todas estas consideraciones es necesario disponer de una base de datos antropométricos, de la población que más se asemeja a la nuestra. Con el fin de conseguir otras facilidades y comodidades que antes no tenían. Para el presente diseño la población más apropiada por su semejanza es la colombiana, ya que los percentiles de esta población pueden ajustarse a la nuestra de forma muy próxima. En Colombia este estudio fue utilizado por la Facultad Nacional de Salud Pública

---

<sup>28</sup> Panero, J. Zelnik M. (1991). Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Estándares antropométricos. México: Ed. G. Gili., ISBN: 968-887-328-4. Pág. 45.

y el Instituto de Seguros, en los procesos de diseño de puestos de trabajo, ropa de labor, equipos de protección individual y en general ambientales laborales.

#### **a) Antropometría estática y dinámica**

“La antropometría estática o estructural es aquella cuyo objeto es la medición de dimensiones estáticas, es decir, aquellas que se toman con el cuerpo en una posición fija y determinada. Sin embargo, el hombre se encuentra normalmente en movimiento, de ahí que se haya desarrollado la antropometría dinámica o funcional, cuyo fin es medir las dimensiones dinámicas que son aquellas medidas realizadas a partir del movimiento asociado a ciertas actividades. El conocimiento de las dimensiones estáticas es básico para el diseño de los puestos de trabajo y permite establecer las distancias necesarias entre el cuerpo y lo que le rodea, las dimensiones del mobiliario, herramientas, etc. Las dimensiones estructurales de los diferentes segmentos del cuerpo se toman en individuos en posturas estáticas, normalizadas bien de pie o sentado.

Las dimensiones dinámicas o funcionales, como hemos dicho, son las que se toman a partir de las posiciones de trabajo resultantes del movimiento asociado a ciertas actividades, es decir, tiene en cuenta el estudio de las articulaciones suministrando el conocimiento de la función y posibles movimientos de las mismas y permitiendo valorar la capacidad de la dinámica articular, por ejemplo, el límite de alcance del brazo no se corresponde meramente con la longitud del brazo, sino que es más complejo. En realidad, al realizar un movimiento, los distintos segmentos del cuerpo no actúan independientemente, sino se actúan de forma coordinada.

Por tanto, la antropometría dinámica se trata de una disciplina difícil que requiere conocimientos de biomecánica que permitan el análisis de los movimientos del trabajador en las operaciones que éste realiza. No es difícil llegar a la conclusión



de que el correcto diseño de los puestos de trabajo ha de tener en cuenta tanto las dimensiones estáticas como las dinámicas.” [29]

Se entiende por Antropometría estática a la que de forma objetiva busca una relación entre la constitución corporal del individuo en función de las medidas del proyecto de un puesto de trabajo, sin preocuparse por los movimientos. Mientras que la Antropometría dinámica parte del análisis de la biomecánica de los movimientos es decir, de los desplazamientos de los segmentos del cuerpo al realizar alguna actividad para lograr un diseño del puesto de trabajo de acuerdo con una tarea específica.

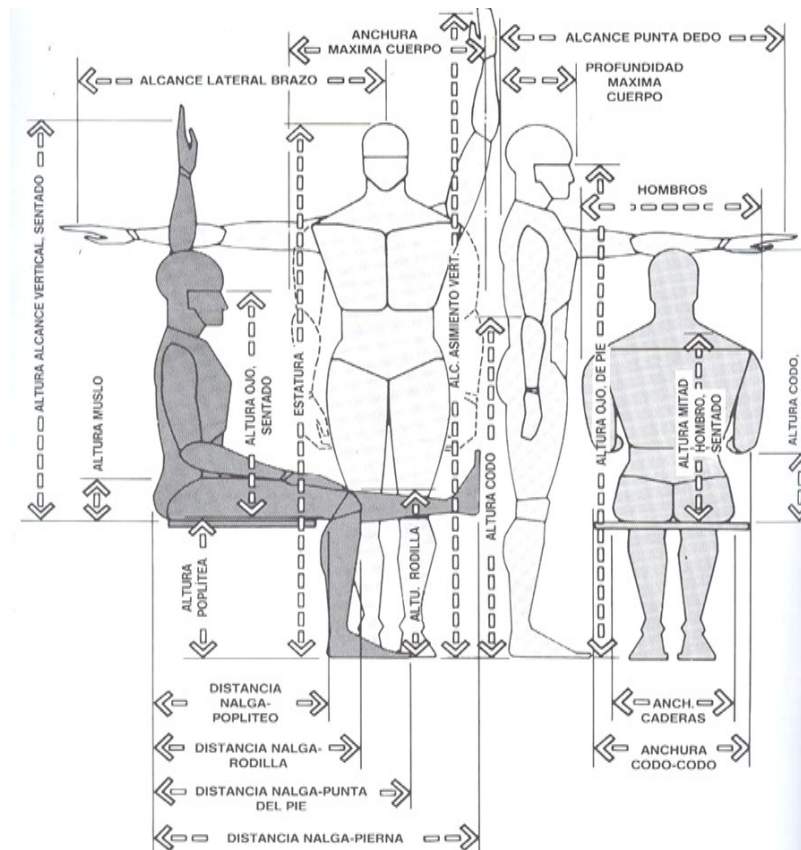


Figura N° 2.38: Dimensiones humanas de mayor uso para el diseñador de espacios interiores. (Fuente: Mondelo, P. Gregori, E. Blasco, J. Barrau, P (2001). Diseño de puestos de trabajo.)

<sup>29</sup> Panero, J. Zelnik M. (1991). Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Estándares antropométricos. México: Ed. G. Gili., ISBN: 968-887-328-4

## b) Resumen de medidas de la población ecuatoriana

Para poder tomar valores antropométricos y vincular a un estudio ergonómico debemos contar con un laboratorio debidamente equipado, con personas calificadas que garantice la presencia del estudio, además de un protocolo específico por Sociedad Internacional de Ergonomía, pero como estos estudios y procedimientos son demasiados costosos, procedemos a utilizar datos de la población que más se ajuste a los percentiles a los cuales va dirigido el diseño.

Tabla N°2.25: Medidas de la población ecuatoriana.

<b>ESTATURA</b>			
<b>N# Personas</b>	<b>Promedios (cm)</b>	<b>Valor Percentil (cm)</b>	<b>Percentil</b>
13	177,4	179	P95
24	172,2	173,5	P90
31	167,2	167,9	P75
36	164,5	164,5	P50
27	147,5	146,8	P25
25	133,4	131,8	P5

**Fuente:** Estudio realizado conjuntamente con el Dr. David Cedillo y su equipo de medición.

Tabla N°2.26: Medidas de la población ecuatoriana.

<b>PESO</b>			
<b>N# Personas</b>	<b>Promedios (kg)</b>	<b>Valor Percentil (kg)</b>	<b>Percentil</b>
2	90,9	93,4	P99,5
18	86,7	88,3	P95
33	81,8	83,1	P90
24	75,4	76,1	P75
46	67,9	67,9	P50
28	57,9	57,2	P25
8	40,7	39,1	P5

**Fuente:** Estudio realizado conjuntamente con el Dr. David Cedillo y su equipo de medición.

### c) Descripción de las tablas antropométricas acopla 95

“El estudio consistió en medir 69 variables antropométricas, en 2100 trabajadores, 785 de sexo femenino y 1315 de sexo masculino, en edades entre los 20 y los 60 años, con el propósito de caracterizar la población laboral de acuerdo con su antropometría, para generar una base de datos antropométrica, para elaborar por cada variable una tabla organizada por grupo etáreo y sexo, para tener una herramienta de trabajo que pueda utilizarse mas tarde en diseño de espacios y ropas de trabajo, de equipos de protección personal, de máquinas y equipos, lo mismo que lugares especiales para enseñanza, deporte, descanso y la vida social de los trabajadores.” [30]

Según recomendaciones de los autores del protocolo ACOPLA 95 para solucionar varios tipos de situaciones se acostumbra utilizar tablas mucho más completas y que su estudio cuente con el aval de la Sociedad Internacional de Ergonomía, siempre y cuando los valores se adopten a la población y así utilizar las franjas de valores que permitan establecer valores mínimos y máximos del ajuste abarcando:

- Un determinado percentil cuando el problema es para una población puntual.
- Del percentil 2.5 al 97.5 si el problema es de alta precisión.
- Del percentil 5 al 95 cuando no es de alta precisión.

Tabla N°2.27: Tabla antropométrica sexo femenino.

<b>Nombre variable</b>	<b>P5</b>	<b>P10</b>	<b>P25</b>	<b>P50</b>	<b>P75</b>	<b>P90</b>	<b>P95</b>
Masa corporal	46,7	48,6	53,4	59,1	65,3	71,8	77
Estatura	146,7	148,7	151,7	155,6	159,6	163,7	166,2
Alcance vertical máximo	182,4	185,4	189,3	195	200,6	206,7	210,2
Alcance vertical asimientado	169,6	172,1	175,9	181,5	187,3	192,4	196,1
Altura ojos [parado]	136,2	138,6	141,3	145,1	149,1	153,1	155,2

---

<sup>30</sup> Estrada, M. (1998). Parámetros antropométricos de la población laboral Colombiana 1995 (acopla 95)

<b>Nombre variable</b>	<b>P5</b>	<b>P10</b>	<b>P25</b>	<b>P50</b>	<b>P75</b>	<b>P90</b>	<b>P95</b>
Altura sentado normal	76,5	77,6	79,6	81,7	83,8	85,6	86,7
Altura sentado erguido	78,5	79,5	81,1	83	84,9	86,6	87,7
Altura ojos [sentado]	68,4	69,3	71,1	72,9	74,9	76,5	77,6
Altura acromial [parado]	119,1	120,8	123,6	127,1	130,8	133,9	136,2
Altura cresta iliaca [parado]	85,3	86,8	89,3	92,3	95,4	98,7	100,5
Altura acromial [sentado]	51,2	52,1	53,3	55,2	56,7	58,1	58,9
Altura radial [parado]	91,4	93	95,3	97,8	101	103,4	105,3
Altura muñeca [parado]	69,7	70,8	72,9	75	77,5	79,4	80,8
Altura dedo medio [parado]	54,6	55,6	57,5	59,3	61,4	63,1	64,2
Altura radial [sentado]	19	20	21,5	23,1	24,6	25,7	26,6
Altura muslo [sentado]	12,1	12,5	13,3	14,1	15	16	16,5
Altura rodilla [sentado]	44,7	45,5	46,7	48,5	49,9	51,5	52,5
Altura fosa poplit, [sentado]	35,1	35,7	36,8	38,3	39,7	41,1	42
Anchura bicigomatica	12,4	12,6	12,9	13,3	13,7	14,1	14,3
Anchura transvers, cabeza	14	14,2	14,5	14,8	15,2	15,6	15,9
Anchura biacromial	32,2	32,8	33,9	35,2	36,4	37,3	38
Anchura bideltoidea	37,5	38,6	40,3	42,1	44	46	47,1
Anchura transversal torax	23,6	24,1	25	26,3	27,8	29,4	30,4
Anchura ant, post, torax	15,6	16,3	17,3	18,5	19,9	21,3	22,1
Anchura bicrestal	21,7	22,6	24,1	25,7	27,4	29,2	30,2
Anchura bitroncanterea	28,8	29,6	30,8	32,1	33,5	35,3	36
Anchura codo a codo	33,9	35,4	37,5	40,6	44	47,4	49,5
Anchura caderas	32,6	33,5	35,1	37,3	39,4	41,5	42,6
Anchura codo	5,5	5,6	5,7	6	6,2	6,5	6,7

<b>Nombre variable</b>	<b>P5</b>	<b>P10</b>	<b>P25</b>	<b>P50</b>	<b>P75</b>	<b>P90</b>	<b>P95</b>
Anchura muñeca	4,5	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5
Anchura de la mano	6,8	7	7,2	7,5	7,7	7,9	8,1
Anchura de rodilla	8,3	8,4	8,7	9,1	9,5	10,1	10,5
Anchura del tobillo	6	6,1	6,3	6,5	6,7	7	7,1
Anchura del talon	5,4	5,6	5,9	6,2	6,5	6,9	7
Anchura del pie	8,2	8,3	8,6	9	9,3	9,7	10
Largura ant, post, cabeza	17	17,1	17,6	18	18,5	18,9	19,2
Larg, alcance lat, asimiento	65,1	66,2	68,1	70,1	72,2	74,2	75,3
Larg, alcance ant, asimiento	61	62	63,6	65,6	68	70,2	71,6
Largura de la mano	15,4	15,7	16,1	16,6	17,2	17,7	18,1
Largura palma de la mano	8,4	8,6	8,9	9,2	9,6	10	10,1
Largura nalga a fosa poplitea	42	43	44,4	46,1	47,8	49,5	50,4
Largura nalga a rodilla	51	51,8	53,3	55	56,7	58,4	59,5
Largura del pie	21,3	21,6	22,2	22,9	23,7	24,3	24,7
Largura planta del pie	17,2	17,5	18	18,5	19,1	19,6	20
Perímetro cefalico	51	51,4	52,3	53,4	54,4	55,4	55,9
Perímetro deltoideo	93,4	95,6	99,5	103,5	108,4	113,6	116,1
Perímetro mesoesternal	78,9	81,2	84,1	88,4	92,7	97,2	100,1
Perímetro abdominal (cintura)	63,1	65,7	69,8	74,9	81,7	88,4	93,4
Perímetro abdom, (umbilical)	71,5	74,5	79,4	85,4	91,9	99,3	103,5
Perímetro cadera	87	89	92,4	96,6	101,6	106,7	110,1
Perim, brazo flexion y tenso	23,5	24,4	26	27,7	29,9	30	33,8
Perim, brazo medio y relajado	23,3	24,2	25,9	27,8	30,1	32,3	33,6
Perímetro antebrazo	20,9	21,3	22,2	23,4	24,5	26	26,9
Perímetro muñeca	13,5	13,6	14,1	14,6	15,2	15,7	16,1
Perímetro metacarpial	16,5	16,8	17,4	17,9	18,5	19,1	19,5
Perímetro muslo superior	48,4	49,9	52,9	56	59,3	63,2	65,4
Perímetro muslo medio	44,5	45,6	48	51	54	57,6	60
Perímetro rodilla media	31,4	32,2	33,6	35,3	37,2	39	40,5

<b>Nombre variable</b>	<b>P5</b>	<b>P10</b>	<b>P25</b>	<b>P50</b>	<b>P75</b>	<b>P90</b>	<b>P95</b>
Perímetro pierna media	30,4	31	32,3	34,2	36	37,7	39,2
Perímetro tobillo	18,5	18,9	19,7	20,6	21,7	22,5	23,2
Perímetro metatarsial	20,5	20,9	21,6	22,3	23,2	24	24,5
Plieguecutaneo subescapular	11,5	13,6	18,3	24,2	31,5	38,9	42,7
Pliegue cutaneo ileocrestal	9,3	11,5	16	22,7	30,7	39,3	44,5
Plieguecutaneo supraespinal	9,3	11,2	15,1	21,2	29,6	37,8	43,1
Pliegue cutaneo umbilical	14,3	17,3	24,4	32,7	42,7	50,3	54,3
Pliegue cutaneo triceps	11,9	14	17,7	22,3	27,6	34,1	38,4
Pliegue cutaneo biceps	4,3	5,5	7,2	10	14,6	19,9	24,1
Plieguecutaneo muslo ant,	17,5	21,3	27,4	37	46,9	55,3	59,2
Plieguecutaneo pierna media	9	10,9	14,6	20,7	27,8	36,1	41
Índice de masa corporal	19,3	20,2	22	24,2	26,8	29,9	31,4
Sumatoria pliegues cutaneos	88	99,8	126	162,7	200,2	233	258,6
Relación perímetros cintura/ cadera	0,69	0,71	0,74	0,78	0,82	0,87	0,89

**Fuente:** Estrada, M. (1998). Parámetros antropométricos población laboral colombiana 1995 (acopla 95). Pág. 25.

Tabla N°2.28: Tabla antropométrica sexo masculino.

<b>Nombre variable</b>	<b>P5</b>	<b>P10</b>	<b>P25</b>	<b>P50</b>	<b>P75</b>	<b>P90</b>	<b>P95</b>
Masa corporal	54	57	62	69	77	83	88
Estatura	158	161	165	169	173	177	179
Alcance vertical máximo	198	202	207	213	220	225	229
Alcance vertical asimiento	184	188	193	198	204	210	213
Altura ojos [parado]	147	150	154	158	162	166	168
Altura sentado normal	80	81	84	86	88	90	92
Altura sentado erguido	83	85	87	89	91	93	94
Altura ojos [sentado]	73	74	76	78	81	83	84
Altura acromial [parado]	128	131	134	138	142	145	147
Altura cresta iliaca [parado]	92	94	97	101	104	107	109
Altura acromial [sentado]	54	55	57	59	61	62	63

<b>Nombre variable</b>	<b>P5</b>	<b>P10</b>	<b>P25</b>	<b>P50</b>	<b>P75</b>	<b>P90</b>	<b>P95</b>
Altura radial [parado]	99	101	103	107	110	112	114
Altura muñeca [parado]	75	76	79	81	84	87	88
Altura dedo medio [parado]	58	59	61	64	66	68	69
Altura radial [sentado]	19	20	22	24	25	27	28
Altura muslo [sentado]	13	13	14	15	16	17	17
Altura rodilla [sentado]	48	49	51	53	54	56	57
Altura fosa poplit, [sentado]	39	39	41	42	44	45	46
Anchura bicigomatica	13	13	14	14	14	15	15
Anchura transvers, cabeza	15	15	15	16	16	16	17
Anchura biacromial	36	37	38	40	41	42	43
Anchura bideltoidea	42	43	44	46	48	50	51
Anchura transversal torax	25	26	28	29	31	33	34
Anchura ant, post, torax	17	18	19	20	22	23	24
Anchura bicrestal	24	25	26	28	29	31	32
Anchura bitroncanterea	29	30	31	32	33	35	35
Anchura codo a codo	38	39	41	45	48	51	52
Anchura caderas	31	32	33	35	37	38	39
Anchura codo	6,2	6,3	6,6	6,8	7	7,3	7,4
Anchura muñeca	4,9	5,1	5,3	5,5	5,7	5,9	6
Anchura de la mano	7,7	7,9	8,1	8,4	8,7	8,9	9,1
Anchura de rodilla	8,8	9	9,3	9,7	10	10	11
Anchura del tobillo	6,8	6,9	7,1	7,4	7,6	7,9	8
Anchura del talon	6	6,2	6,5	6,8	7,1	7,4	7,6
Anchura del pie	9	9,2	9,5	9,9	10	11	11
Largura ant, post, cabeza	18	18	18	19	20	20	20
Larg, alcance lat, asimiento	72	73	75	77	79	82	83
Larg, alcance ant, asimiento	66	67	69	71	74	76	77
Largura de la mano	17	17	18	18	19	20	20
Largura palma de la mano	9,3	9,5	9,9	10	11	11	11
Largura nalga a fosa poplitea	43	44	45	47	49	50	51
Largura nalga a rodilla	53	54	55	57	59	60	61
Largura del pie	23	24	24	25	26	27	27

<b>Nombre variable</b>	<b>P5</b>	<b>P10</b>	<b>P25</b>	<b>P50</b>	<b>P75</b>	<b>P90</b>	<b>P95</b>
Largura planta del pie	19	19	20	20	21	22	22
Perímetro cefalico	53	53	54	56	57	58	59
Perímetro deltoideo	102	105	109	113	118	122	125
Perímetro mesoesternal	86	88	92	96	101	105	107
Perímetro abdominal (cintura)	71	74	78	84	91	96	99
Perímetro abdom, (umbilical)	74	77	81	88	94	100	11
Perímetro cadera	85	87	91	95	99	103	105
Perim, brazo flexion y tenso	27	28	229	31	33	34	36
Perim, brazo medio y relajado	25	26	28	30	31	33	34
Perímetro antebrazo	24	25	26	27	28	29	30
Perímetro muñeca	15	16	16	16	17	18	18
Perímetro metacarpial	19	19	20	20	21	22	22
Perímetro muslo superior	48	49	52	55	58	61	63
Perímetro muslo medio	45	47	49	52	55	57	59
Perímetro rodilla media	33	34	35	36	38	40	41
Perímetro pierna media	32	33	34	35	38	39	40
Perímetro tobillo	20	20	21	22	23	24	24
Perímetro metatarsial	23	23	24	25	26	27	27
Plieguecutaneo subescapular	9,2	10	14	19	26	33	37
Pliegue cutaneo ileocrestal	7,6	9	14	22	30	37	43
Plieguecutaneo supraespinal	5,4	6,2	8,5	13	19	26	33
Pliegue cutaneo umbilical	7,4	9,4	16	28	38	47	51
Pliegue cutaneo triceps	5,3	6,1	7,9	11	14	19	2,5
Pliegue cutaneo biceps	3	3,2	3,9	5	6,7	9,2	11
Plieguecutaneo muslo ant,	5,7	6,7	9	13	19	33	45
Plieguecutaneo pierna media	3,9	4,4	5,5	7,5	11	17	23
Índice de masa corporal	20	21	22	24	27	29	30
Sumatoria 6pliegues cutaneos	40	46	65	96	126	164	190
Relación perímetros cintura/ cadera	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1	1

**Fuente:** Estrada, M. (1998). Parámetros antropométricos población laboral colombiana 1995

(acopla 95). Pág. 28.



### 2.1.2.36 CÁLCULO DE LOS PERCENTILES

Existe varios métodos de cálculo de percentiles las cuales citaremos a continuación, solo se profundizara en el método seleccionado para la presente investigación:

- El cálculo por interpolación: se utiliza sobre todo cuando interesa conocer el valor de percentiles específicos que quizás (y frecuentemente) ningún sujeto ha obtenido (como la mediana, o Percentil 50 y los Percentiles 75 y 25).
- También podemos calcular los percentiles mediante el gráfico de las frecuencias relativas acumuladas.
- Podemos calcular también los percentiles a partir de los valores de la media y de la desviación típica y puede ser muy útil cuando no disponemos de todos los datos de todos los sujetos.

Para la presente investigación el método de cálculo de los percentiles que se selecciono fue el que se cita a continuación por las siguientes razones:

- **El cálculo directo;** es el más frecuente y se utiliza siempre que deseamos calcular los percentiles para la interpretación de resultados individuales.

El cálculo de los percentiles se realiza mediante el siguiente procedimiento y los resultados se tabulan en la tabla citada a continuación:

Tabla N°2.29: Tabla de cálculo de percentiles del método directo.

<b>X</b>	<b>Frecuencia (f)</b>	<b>Frecuencia acumulada (fa)</b>	<b>Frecuencia acumulada al punto medio (fam)</b>	<b>Percentil</b>

**Fuente:** Morales Vallejo P. (2008). Estadística aplicada a las Ciencias Sociales. Págs.:15.

“**X** = Puntuaciones directas, ordenadas de mayor a menor.

**i** = Valor o amplitud del intervalo; Si las puntuaciones estuvieran sin agrupar (una sola puntuación en cada intervalo) tendríamos  $i = 1$ .

**f** = Frecuencia, o número de casos en cada intervalo.

**fa** = Frecuencias acumuladas: se van sumando las frecuencias de abajo arriba. La frecuencia acumulada en el intervalo superior debe ser igual al número de sujetos (es útil caer en cuenta para detectar posibles errores).

**fam** = Frecuencias acumuladas al punto medio; a cada frecuencia acumulada se le resta la mitad de su **f** correspondiente.

También se calculan a veces los percentiles a partir de las frecuencias acumuladas ( $P = [fa/N]*100$ ), pero lo convencional es hacerlo a partir de las frecuencias acumuladas al punto medio. La razón de hacerlo así es porque suponemos que cada uno de los que están en cada intervalo superan a la mitad de los que tienen idéntica puntuación y tienen por encima a la otra mitad. Se supone que los que aparecen igualados en realidad son distintos y así aparecerían con medidas de mayor matiz.

**P** = Percentil, o tanto de por ciento de sujetos que caen debajo de cada puntuación.” [31]

### 2.1.2.37 AMBIENTE DE TRABAJO

Para el ambiente de trabajo se ha considerado las siguientes normas que toman en consideración la ergonomía, las posiciones y los ángulos de confort, de igual forma toma en consideración el dimensionamiento de cada elemento en la que va estar en contacto el trabajador.

- La norma UNE-EN ISO 6385:2004. Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo. Establece los principios ergonómicos básicos que orientan el diseño de los sistemas de trabajo y define los términos fundamentales. Describe un enfoque global del diseño de los sistemas, que contempla la cooperación de expertos en ergonomía con otras personas,

---

<sup>31</sup> Morales Vallejo P. (2008). Estadística aplicada a las Ciencias Sociales. Universidad Politécnica Comillas. España-Madrid. Págs.:15,16.

atendiendo a los requisitos humanos, sociales y técnicos durante el proceso de diseño. A efectos de esta norma, un sistema de trabajo incluye un conjunto de personas y equipos, situados en un espacio y entorno determinados, así como a las interacciones entre estos componentes dentro de una determinada organización del trabajo.

- Dentro del apartado de Diseño detallado, se incluyen recomendaciones en relación con los distintos componentes del sistema: organización del trabajo, tareas de trabajo, trabajos, diseño del ambiente de trabajo, equipo del diseño de trabajo (hardware y software) y espacio de trabajo y puestos de trabajo.
- La norma RTE INEN 041: 1010 establece que, el Instituto Ecuatoriano de Normalización-INEN, siguiendo el trámite reglamentario establecido en el Artículo 29 de la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, ha formulado el presente Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN “Vehículos de transporte escolar”.
- La norma NTC 5831 es una norma colombiana, Estas normas técnicas están referidas al trabajo de oficina con equipos de pantallas de visualización de datos (PVD), si bien la aplicación de gran parte de sus recomendaciones podría hacerse extensiva a otras actividades en las que se utilicen dichos equipos. Es posible, además, encontrar una información técnica más detallada en las normas UNE-EN 29241 y UNE-EN ISO 9241, referidas a los requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos.

### **2.1.2.38 AMBIENTE TÉRMICO**

“El estudio del ambiente térmico requiere el conocimiento de una serie de variables del ambiente, del tipo de trabajo y del individuo. La mayor parte de las posibles combinaciones de estas variables que se presentan en el mundo del trabajo, dan lugar a situaciones de inconfort, sin que exista riesgo para la salud. El riesgo de estrés térmico, para una persona expuesta a un ambiente caluroso, depende de la producción de calor de su organismo como resultado de su actividad física y de las características del ambiente que le rodea, que condiciona el intercambio de calor entre el ambiente y su cuerpo. Cuando el calor generado

por el organismo no puede ser emitido al ambiente, se acumula en el interior del cuerpo y la temperatura de éste tiende a aumentar, pudiendo producirse daños irreversibles. Existen diversos métodos para valorar el ambiente térmico en sus diferentes grados de agresividad. El índice WBGT, objeto de este estudio, se utiliza, por su sencillez, para discriminar rápidamente si es o no admisible la situación de riesgo de estrés térmico, aunque su cálculo permite a menudo tomar decisiones, en cuanto a las posibles medidas preventivas que hay que aplicar.”[32]

La existencia de calor en el ambiente laboral constituye frecuentemente una fuente de problemas que se traducen en quejas por falta de confort, bajo rendimiento en el trabajo, y en ocasiones los riesgos para la salud, es así que con el índice WBGT, objeto de este estudio, se utiliza, por su sencillez, para discriminar rápidamente si es o no admisible la situación de riesgo de estrés térmico, aunque su cálculo permite a menudo tomar decisiones, en cuanto a las posibles medidas preventivas que hay que aplica

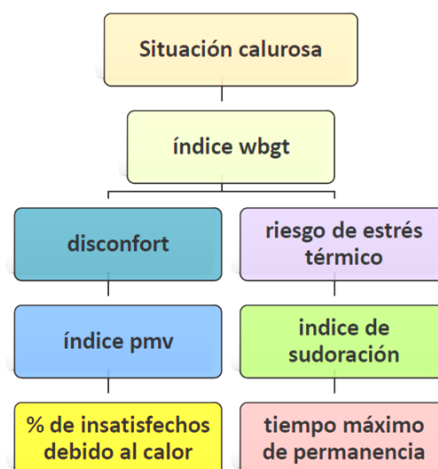


Figura N° 2.39: Índices de valoración de ambiente térmico.

(Fuente: NTP 322. Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT. Pág. 1.)

La metodología a seguir para la obtención del índice de valoración de ambiente térmico es de la norma NTP 322 la cual realiza la valoración del riesgo de estrés térmico mediante el índice WBGT.

<sup>32</sup> Norma NTP 322. Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT. Pag. 1,2

### a) Metodología

El índice WBGT se calcula a partir de la combinación de dos parámetros ambientales:

$$\text{WBGT} = 0.7 T_h + 0.3 T_g \quad \text{Ec. (2.1)}$$

(Para interiores de edificación o en el exterior, sin radiación solar, según la norma NTP322).

Donde:

$T_g$ = temperatura de globo.

$T_h$ = temperatura húmeda natural.

WBGT= temperatura WBGT del proceso.

#### ➤ Variación de las condiciones de trabajo con el tiempo

Cuando la exposición es continua durante varias horas o durante todo el día, los valores medidos se calculan tomando como base una hora, es decir:

$$t_1 + t_2 \dots + t_n = 60 \text{ min.} \quad \text{Ec. (2.2)}$$

Donde:

$t_1, t_2 \dots t_n$ = tiempo de muestra.

Durante la jornada de trabajo pueden variar las condiciones ambientales o el consumo metabólico, al realizar tareas diferentes o en diferentes ambientes. En estos casos se debe hallar el índice WBGT, ponderados en el tiempo.

$$\text{WBGT}_{\text{promedio}} = \frac{\text{WBGT}_1 * t_1 + \text{WBGT}_2 * t_2 \dots}{t_1 + t_2} \quad \text{Ec. (2.3)}$$

Este índice así hallado, expresa las características del ambiente y no debe sobrepasar un cierto valor límite que depende del calor metabólico que el individuo genera durante el trabajo (M).

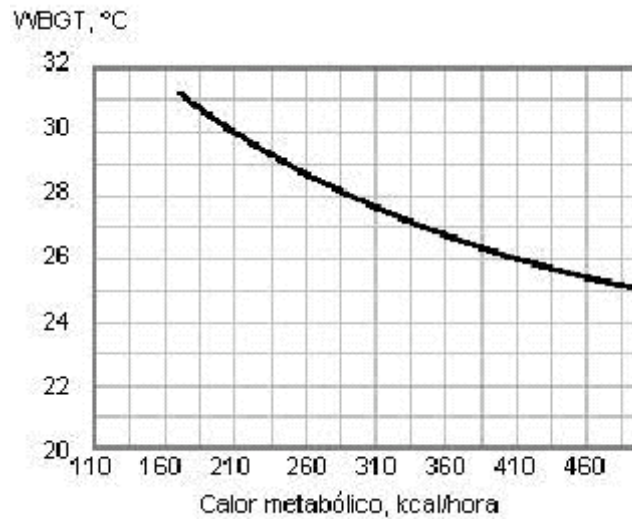


Figura N° 2.40: Valores límites del índice WBGT (ISO 7243).

(Fuente: NTP 322. Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT. Pág. 2.)

Mediante lectura en la curva correspondiente, el máximo que puede alcanzar el índice WBGT según el valor que adopta el término M.

➤ Consumo metabólico (M)

La cantidad de calor producido por el organismo por unidad de tiempo es una variable que es necesario conocer para la valoración del estrés térmico como se lo indica en las siguientes tablas.

Tabla N°2.30: Valores medios de las tasas metabólicas en función de la actividad desarrollada. ISO 8996.

Clase	Tasa metabólica W/m <sup>2</sup>	Ejemplos de actividades
Descanso	65	Descansando, sentado cómodamente.
Tasa	100	Escribir, teclear, dibujar, coser, anotar

metabólica baja		contabilidad, manejo de herramientas pequeñas, caminar sin prisa (velocidad hasta 2,5 Km/h)
Tasa metabólica moderada	165	Clavar clavos, limar, conducción de camiones, tractores o máquinas de obras, caminar a una velocidad de 2,5 Km/h hasta 5,5Km/h.
Tasa metabólica alta	230	Trabajo intenso con brazos y tronco, transporte de materiales pesados, pedalear, empleo de sierra, caminar a una velocidad de 5,5 Km/h hasta 7 Km/h.
Tasa metabólica muy alta	260	Actividad muy intensa a ritmo de muy rápido a máximo, trabajo con hacha, cavado o pelado intenso, subir escaleras, caminar a una velocidad superior a 7Km/h.

**Fuente:** NTP 322. Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT. Pág. 15.

Para estimarla se puede utilizar el dato de tablas de consumo metabólico, que es la energía total generada por el organismo por unidad de tiempo (potencia), como consecuencia de la tarea que desarrolla el individuo, despreciando en este caso la potencia útil (puesto que el rendimiento es muy bajo) y considerando que toda la energía consumida se transforma en calorífica. M, según la posición y movimiento del cuerpo, el tipo de trabajo y el metabolismo basal. Este último se considera de 1Kcal / min como media para la población laboral, y debe añadirse siempre.

Mediante la ecuación se obtiene CTM:

$$CTM = PMC + TT + MB \quad \text{Ec. (2.4)}$$

Donde:

PMC: Posición y movimiento del cuerpo.

TT: Tipo de trabajo.

MB: Metabolismo basal.

Durante la jornada de trabajo pueden variar las condiciones ambientales o el consumo metabólico, al realizar tareas diferentes o en diferentes ambientes. En el consumo metabólico, ponderados en el tiempo.

$$CTM_{promedio} = \frac{CTM_1 * t_1 + CTM_2 * t_2 + \dots}{t_1 + t_2} \quad \text{Ec. (2.5)}$$

Para determinar los límites anteriores es necesario conocer por tanto el consumo metabólico o producción metabólica de calor del individuo que está realizando el trabajo. Este parámetro se denota por la letra M y en él se engloba el metabolismo basal, que es el calor generado para mantener las funciones vitales, y el calor producido en el trabajo. La aplicación más importante del índice es ayudar a estimar el tiempo necesario de descanso que un trabajador necesitaría para restablecer el balance térmico si se encontrara en una situación de estrés térmico. De esta forma se adecuan los regímenes de trabajo-descanso. Su uso puede ser combinado:

Tabla N°2.31: Valores de la carga térmica metabólica.

<b>Valoración de la carga de trabajo</b>		
Valores medios de la carga térmica metabólica durante la realización de distintas actividades		
<b>A. Postura y Movimientos Corporales</b>		<b>Kcal/minuto</b>
Sentado		0.3
De pie		0.6
Andando		2-3
Subida de mu pendiente andando		Añadir 0.8 por metro (yarda) de subida
<b>B. Tipo de Trabajo</b>		<b>Media Kcal/minuto</b>
Trabajo manual	Ligero	0.4
	Pesado	0.9
Trabajo con un brazo	Ligero	1
	Pesado	1.7
Trabajo con dos brazo	Ligero	1.5
	Pesado	2.5
Trabajo con el cuerpo	Ligero	3.5
	Moderado	5
	Pesado	7
	Muy pesado	9

Fuente: NTP 322. Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT. Pág. 14.



Tabla N°2.32: TLV para la exposición al calor (Valores en °C WBGT).

Régimen de trabajo de descanso	Tipo de trabajo		
	Ligero	Moderado	Pesado
Trabajo Continuo	30.0	26,7	25.0
75% abajo y 25% descanso, cada hora	30,6	28,0	25.9
50% trabajo y 50% descanso, cada hora	31.4	29.4	27.9
25% trabajoy75%descanso, cada ahora	32.2	31.1	30.0

Fuente: Norma Venezolana. COVENIN 2254-95. Calor y frio. Límites máximos permisibles de exposición en lugares de trabajo. Pág.: 8.

Los valores de WBGT vienen corregidos según el tipo de actividad, las condiciones del individuo, la carga metabólica y los regímenes de trabajo y descanso.

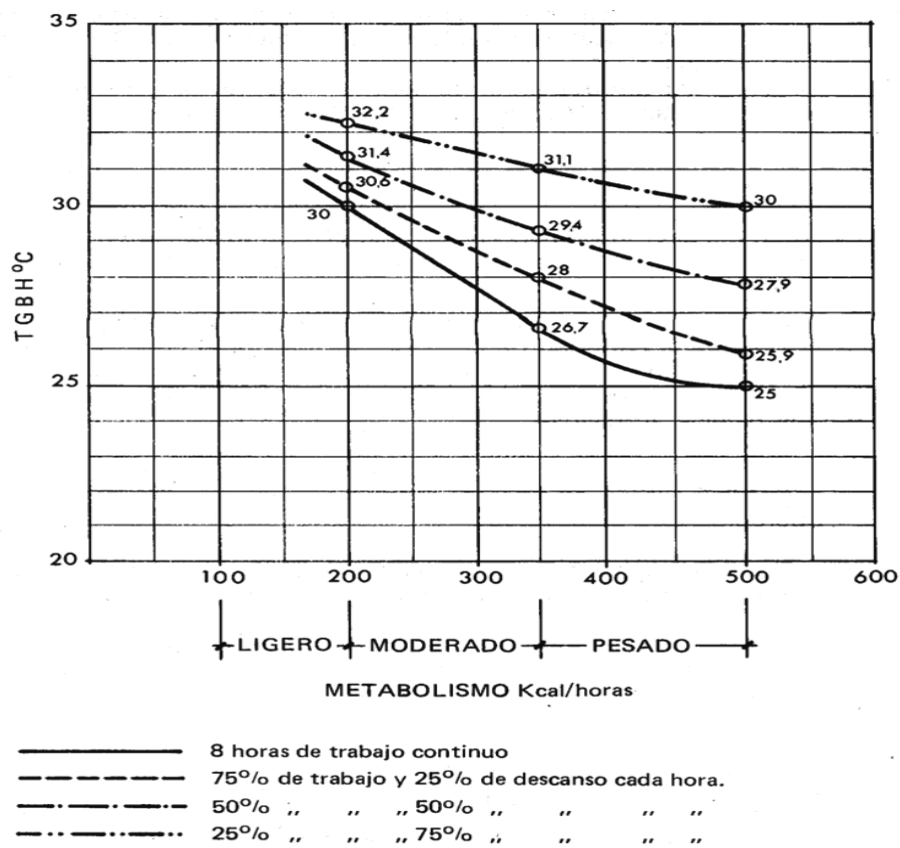


Figura N° 2.41: Valores permisibles de exposición al calor.

(Fuente: NTP 322. Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT. Pág. 2.)

Tabla N°2.33: Valores limites de referencia para el índice WBGT.ISO7243.

Consumo metabólico Kcal/h	WBGT Limite °C			
	Persona aclimatada		Persona no aclimatada	
	V=0	V≠0	V=0	V≠0
≤100	33	33	32	32
100-200	30	30	29	29
200-310	28	28	26	26
310-400	25	26	22	23
>400	23	25	18	20

Fuente: NTP 322. Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT. Pág. 15.

- Cálculo de dosis permitida

$$\text{Dosis} = \frac{\text{WBGT}_{\text{promedio}}}{\text{WBGT}_{\text{permitido}}} \quad \text{Ec. (2.6)}$$

### 2.1.2.39 RUIDO

“Es un sonido indeseable o perturbante que afecta psicológicamente o físicamente al ser humano, es decir es una apreciación subjetiva de un sonido. Un mismo sonido puede ser considerado como molesto o agradable dependiendo de la situación y sensibilidad concreta de la persona. Dependiendo de su variación en el tiempo, los ruidos se dividen en:

#### a) Ruido estable

Aquél cuyo nivel de presión acústica ponderada A ( $L_{Aeq(T)}$ ) permanece esencialmente constante. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo de  $L_{Aeq(T)}$  sea inferior a 5 dB.

#### b) Ruido periódico

Aquél cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de ( $L_{Aeq(T)}$ ) es superior o igual a 5 dB y cuya cadencia es cíclica.

#### c) Ruido aleatorio

Aquél cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de  $L_{Aeq(T)}$  es superior o igual a 5 dB, variando aleatoriamente a lo largo del tiempo. ” [33]

#### **d) Ruido de impacto**

Aquél cuyo nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y tiene una duración inferior a un segundo.

Si tenemos en cuenta el extraordinario funcionamiento del oído humano y la importancia de las relaciones sociales de todo tipo, resalta la importancia de la conservación del mismo. El ruido constituye uno de los problemas a vencer en una sociedad desarrollada, ya que produce una progresiva pérdida de la capacidad auditiva del hombre.

#### **2.1.2.40 SONIDO**

“Fenómeno vibratorio en el cual la materia se pone en vibración de tal forma que se afecta su densidad. Los cambios en la densidad de la materia (por lo tanto en la presión sonora que ejerce) habrán de ser rítmicos o periódico, es decir, aquella vibración que el oído humano puede detectar. Puede ser producido por diferentes fuentes, desde una persona hablando, la vibración de una máquina o un altavoz, donde una membrana móvil comprime el aire, generando las ondas sonoras.” [34]

#### **2.1.2.41 TONO PURO**

“Es un sonido cuyas variaciones de presión dependen de una sola frecuencia. Los sonidos reales están compuestos por la suma de un gran número de tonos puros, por lo que interesa descomponer un sonido real en grupos de tonos puros. Esta

---

<sup>33</sup> Falagán, M. Canga, A. Ferrer, P. Fernández, J. (Ed. Primera). (2000). Manual básico de prevención de riesgos laborales. Austria. Pag. 131.

<sup>34</sup> Allan, H. (2004). Evaluación de riesgos físicos. Argentina. Pags. 2-4.

operación se denomina análisis de frecuencias y es muy útil en el control de ruido y para seleccionar protectores auditivos adecuados.” [35]

#### 2.1.2.42 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

##### a) Sonómetro

“Es un aparato normalizado que permite la medición del nivel de presión acústica, expresando dicha medida en decibelios. Es capaz de detectar un nivel global o lineal de la energía en un rango comprendido entre 0 – 20000 Hz. Con objeto de tener en cuenta las distintas sensibilidades del oído humano, según su frecuencia, los sonómetros están dotados de filtros cuyas curvas de respuesta están tomadas aproximadamente de la red de curvas isosónicas. Internacionalmente se han normalizado diferentes curvas de sensibilidad, siendo la curva de ponderación A.



Figura N° 2.42: Sonómetro.

(Fuente: Organización internacional del trabajo. (1998). Pág. 1.)

La lectura promedio se considerará igual al nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A (LAeq). Deben ajustarse a las prescripciones establecidas por la norma IEC 651–1979, IEC 804–1985 y ANSI S 1.4–1983, para los instrumentos del "tipo 1" o del "tipo 2"<sup>35</sup>. El sonómetro se compone de una serie de elementos: micrófono, atenuador, amplificador, circuito de medida y uno o varios filtros, con la misión de “descomponer” las presiones acústicas según su

---

<sup>35</sup> Lino, E. (2011). Evaluación de los riesgos físicos y mecánicos en la empresa navacero S.A. Planta Lasso para mejorar el ambiente laboral. Ecuador. Pags. 1-3.

frecuencia. Estos filtros tienen la finalidad de “cribar” el ruido según su frecuencia, considerando las diferentes sensibilidades del oído humano. Los filtros responden al sonido con una curva de respuesta, estas curvas isosónicas representan la manera en que el oído humano reacciona al ruido en sus diferentes frecuencias. Los filtros descomponen las presiones acústicas recibidas en base a su frecuencia y el sonómetro da como única lectura la suma ponderada de todas esas presiones.

Existen a nivel internacional, cuatro curvas normalizadas de ponderación, denominadas A, B, C y D. De las cuatro, la curva de ponderación A es la que ofrece los niveles más cercanos a los percibidos por el oído humano. Para que el sonómetro ofrezca mediciones de confianza, debe calibrarse periódicamente con un aparato denominado calibrado.”[36]

Tabla N°2.34: Constante de tiempos de los sonómetros.

<b>Constantes de tiempo de los sonómetros</b>			
<b>Designación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Concepto medio</b>	<b>Contaminante de tiempo</b>
Slow (lento)	S	Valor eficaz	1s
Fast (rápido)	F	Valor eficaz	125msg
Impulse (impulso)	I	Valor eficaz	35msg
Peak (pico)	P	Valor pico	100msg

**Fuente:** Organización internacional del trabajo. (1998). Pág. 3.

### **a) Dosímetro**

“Es un aparato que integra de forma automática los dos parámetros importantes desde el punto de vista higiénico: el nivel de presión acústica y el tiempo de exposición, obteniéndose directamente lecturas de riesgo expresadas en porcentajes de la dosis máxima permitida legalmente para ocho horas diarias de exposición al riesgo.” [37]

---

<sup>36</sup> Falagàn, M. Canga, A. Ferrer, P. Fernández, J. (Ed. Primera). (2000). Manual básico de prevención de riesgos laborales. Austria. Pág. 131.

<sup>37</sup> Falagàn, M. Canga, A. Ferrer, P. Fernández, J. (Ed. Primera). (2000). Manual básico de prevención de riesgos laborales. Austria. Pág. 145-146.

Por tanto, la utilización más adecuada de los dosímetros es la valoración acústica de los puestos de trabajo de movilidad elevada (por ejemplo, tareas de mantenimiento, alimentación de máquinas, etc.), cuyo nivel de exposición al ruido varía constantemente durante toda la jornada laboral y que por otros métodos sería muy compleja

#### **2.1.2.43 EVALUACIÓN DEL RUIDO**

“Puesto que el procedimiento de evaluación utilizado debe proporcionar confianza sobre su resultado, la evaluación de la exposición al ruido exigirá, como norma general, la medición de los niveles de ruido. De esta regla podrán exceptuarse aquellas situaciones en las que, a juicio de una persona que tenga la cualificación apropiada, no se superen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción establecida cuya evaluación ponga de manifiesto la necesidad de tomar alguna medida preventiva, los siguientes datos:

- La identificación del puesto de trabajo.
- El riesgo o riesgos existentes y la relación de trabajadores afectados.
- El resultado de la evaluación y las medidas preventivas procedentes.
- La referencia de los criterios y procedimientos de evaluación y de los métodos de medición utilizados.

La evaluación y la medición mencionadas se programarán y efectuarán a intervalos apropiados de conformidad con las normas establecidas, y como mínimo, cada año en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, o cada tres años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.”[38]

---

<sup>38</sup> Real decreto 286/2006. (2006). Guía práctica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. España.

#### 2.1.2.44 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

##### a) “Ruido estable

Si el ruido es estable durante un periodo de tiempo (T) determinado de la jornada laboral, no es necesario que la duración total de la medición abarque la totalidad de dicho periodo.

En caso de efectuar la medición con un sonómetro se tendrán en cuenta las características mencionadas anteriormente, realizando como mínimo 4 mediciones de una duración mínima de 5 minutos cada una y obteniéndose el nivel equivalente del periodo T ( $L_{AeqT}$ ) directamente de la media aritmética.

Si la medición se efectuase con un sonómetro integrador promediador o con un dosímetro se tendrían en cuenta, así mismo, las características descritas y se obtendría directamente el  $L_{AeqT}$ .

##### b) Ruido periódico

Si el ruido fluctúa de forma periódica durante un tiempo T, cada intervalo de medición deberá cubrir varios periodos. Las medidas deben ser efectuadas con un sonómetro integrador promediador o un dosímetro según lo indicado anteriormente. El  $L_{AeqT}$  se calcula entonces a partir del valor medio de los  $L_{Aeq}$  obtenidos, si difieren entre ellos 5 dB o menos. Si la diferencia es mayor a 5 dB se actuará según se especifica a continuación.

##### c) Ruido aleatorio

Si el ruido fluctúa de forma aleatoria durante un intervalo de tiempo T determinado, las mediciones se efectuarán con un sonómetro integrador promediador o con un dosímetro. Se pueden utilizar dos métodos:

- Método directo

El intervalo de medición debe cubrir la totalidad del intervalo de tiempo considerado.

➤ Método de muestreo

Se efectuarán diversas mediciones, de forma aleatoria, durante el intervalo de tiempo considerado. La incertidumbre asociada será función del número de mediciones efectuadas y la variación de los datos obtenidos.

**d) Ruido de impacto**

La evaluación del ruido de impacto se efectuará, tal como exige el Real Decreto 1316/89, mediante la medición del nivel de pico, que se realizará en el momento en que se espera que la presión acústica instantánea alcance su valor máximo.

"Los instrumentos empleados para medir el nivel de pico o para determinar directamente si éste ha superado los 140 dB, deben tener una constante de tiempo en el ascenso no superior a 100 microsegundos. Si se dispone de un sonómetro con ponderación frecuencial A y características «IMPULSE» (de acuerdo a la norma CE1-651) podrá considerarse que el nivel de pico no ha sobrepasado los 140 dB cuando el LpA no ha sobrepasado los 130 dBA. "[39]

**2.1.2.45 MEDICIÓN DEL NIVEL DE RUIDO**

➤ “Las mediciones deberán realizarse, siempre que sea posible, en ausencia del trabajador afectado, colocando el micrófono a la altura donde se encontraría su oído. Si la presencia del trabajador es necesaria, el micrófono se colocará, preferentemente, frente a su oído, a unos 10 centímetros de distancia; cuando el micrófono tenga que situarse muy cerca del cuerpo deberán efectuarse los ajustes adecuados para que el resultado de la medición sea equivalente al que se obtendría si se realizara en un campo sonoro no perturbado.

---

<sup>39</sup> Real decreto 286/2006. (2006). Guía práctica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. España.



- Número y duración de las mediciones: El número, la duración y el momento de realización de las mediciones tendrán que elegirse teniendo en cuenta que el objetivo básico de éstas es el de posibilitar la toma de decisión sobre el tipo de actuación preventiva que deberá emprenderse en virtud de lo dispuesto en el presente real decreto. Por ello, cuando uno de los límites o niveles establecidos en el mismo se sitúe dentro del intervalo de incertidumbre del resultado de la medición podrá optarse, por suponer que se supera dicho límite o nivel, o por incrementar (según el instrumental utilizado) el número de las mediciones (tratando estadísticamente los correspondientes resultados) y/o su duración (llegando, en el límite, a que el tiempo de medición coincida con el de exposición), hasta conseguir la necesaria reducción del intervalo de incertidumbre correspondiente. En el caso de la comparación con los valores límites de exposición, dicho intervalo de incertidumbre deberá estimarse teniendo en cuenta la incertidumbre asociada a la atenuación de los protectores auditivos.
- Las incertidumbres de medición a las que se hace referencia en el apartado anterior se determinarán de conformidad con la práctica metrológica.”[40]

#### **a) Medición basada en la operación o la tarea**

“Se divide en operaciones o tareas la jornada de trabajo. Dentro de cada operación el trabajo que se realiza debe ser similar y el nivel equivalente,  $L_{Aeq(T)}$  correspondiente debe ser repetible y representativo de ella.

El tiempo de medición en cada operación depende de la variación del nivel de ruido. Si la operación dura menos de 5 minutos, se debe medir durante toda la operación. Si la operación dura más, como mínimo debe medirse el  $L_{Aeq(T)}$  durante 5 minutos.

Cuando el ruido durante la operación es cíclico, la medición debe cubrir al menos tres ciclos enteros y en todo caso un número entero de ciclos.

---

<sup>40</sup> Real decreto 286/2006. (2006). Guía práctica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. España.

Cuando la duración de tres ciclos es menor de 5 minutos, la duración de la medición debe extenderse por encima de 5 minutos cubriendo un número entero de ciclos.

Cuando el ruido es estable la duración de la medición puede ser mucho menor que la de la operación (aunque no se puede establecer un tiempo mínimo de aplicación general, se puede optar por realizar mediciones de, como mínimo, 1 minuto).”[41]

### **b) Medición basada en el muestreo durante el trabajo**

En este tipo de estrategia, se trata de tomar aleatoriamente muestras durante el desarrollo del trabajo. La estrategia es apropiada cuando la jornada no puede dividirse en operaciones o no está clara dicha división. No es un sistema adecuado cuando hay episodios de ruido muy intensos y de corta duración.

El muestreo puede llevarse a cabo en un grupo homogéneo de exposición (GHE), es decir, un grupo de trabajadores cuya exposición, a la vista de las condiciones de su trabajo, debería ser similar. De acuerdo con la tabla se selecciona la duración acumulada mínima de las mediciones.

Hay que asegurarse de que las muestras se distribuyen aleatoriamente tanto entre los trabajadores del GHE, como a lo largo de la jornada de trabajo.

Tabla N°2.35: Duración del muestreo.

<b>Nº de trabajadores del grupo homogéneo (G)</b>	<b>Duración mínima acumulada (Horas)</b>
$G \leq 5$	5
$5 < G \leq 15$	$5 + (G - 5) / 2$
$15 < G \leq 40$	$10 + (G - 15) / 4$
$G > 40$	17 o subdividir el grupos

**Fuente:** Real decreto 286/2006. (2006). Guía práctica. Pág. 3.

---

<sup>41</sup> Real decreto 286/2006. (2006). Guía práctica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. España.

### c) Medición de la jornada completa

“Este tipo de medición supone cubrir la totalidad del tiempo de trabajo de la jornada, incluyendo tanto los periodos más ruidosos como los más tranquilos. Lo más práctico es, en estos casos, utilizar dosímetros personales. Cuando no es posible que las mediciones se extiendan a la totalidad de la jornada, deben cubrir lo máximo posible e incluir los periodos más significativos de ruido.

Al emplear periodos prolongados y utilizar dosímetros personales, este tipo de medición tiene el riesgo de incluir contribuciones falsas. La forma de contrarrestar este riesgo es disponer de buena información sobre lo que ha ocurrido durante la medición mediante la observación, la realización de mediciones prospectivas, interrogando a los trabajadores sobre las actividades realizadas y los lugares donde ha permanecido o valorando la exposición alternativamente sobre trabajadores seleccionados.”[42]

Para efectuar las mediciones se elegirán una o más jornadas que el técnico, sobre la base de la información recibida de la empresa y de los trabajadores, considere características o representativas del trabajo habitual.

#### 2.1.2.46 CÁLCULOS DE NIVELES DE MEDICIÓN

Para encontrar los valores del nivel de exposición al ruido y su dosis se apego al real decreto 286/2006, que es la guía práctica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las exposiciones de los trabajadores al ruido.

#### a) Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, $L_{Aeq}(T)$

El nivel, en decibelios A, dado por la expresión siguiente:

$$L_{Aeq}(T) = 10 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} (10)^{0.1 * L_{AeqT}} \right] dB(A) \quad \text{Ec. (2.7)}$$

---

<sup>42</sup> Real decreto 286/2006. (2006). Guía práctica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. España.

Donde:

$L_{Aeq(T)}$  = es el nivel de presión acústica continuo equivalente.

T = tiempo de exposición del trabajador al ruido.

**b) Nivel de exposición diario equivalente  $L_{Aeq(d)}$**

El nivel, en decibelios A, Dado por la expresión siguiente:

$$L_{Aeq(d)} = L_{Aeq(T)} + 10 \log \frac{T}{8} \quad \text{Ec. (2.8)}$$

Donde

T = es el tiempo de exposición al ruido, en horas/día. Se considerarán todos los ruidos existentes en el trabajo, incluidos los ruidos de impulsos.

Es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, cuando el tiempo de exposición se refiere a una jornada de trabajo de 8 horas.

**2.1.2.47 CÁLCULO A PARTIR DE MEDICIÓN DE DOSIS DE RUIDO**

Es una medida prescrita en normativas nacionales, de la exposición al ruido a que está sometida una persona.

En aquellos casos en los que se ha registrado el  $L_{Aeq(T)}$  para las tareas más ruidosas realizadas por el trabajador a lo largo de su jornada, se deberá calcular la dosis de exposición diaria a ruido, para lo cual se considerará por cada puesto de trabajo evaluado:

**a)** Tiempo de exposición (que no corresponde al tiempo de medición del  $L_{Aeq(T)}$ )

**b)**  $L_{Aeq(T)}$  medido.

**c)** Tiempo máximo de exposición permitido para b) (ref. Art 55 del decreto ejecutivo 2393)

La información recopilada se ingresará en la siguiente ecuación, la que considera el cálculo de la dosis de exposición a ruido.

$$D = \frac{C1}{T1} \quad \text{Ec. (2.9)}$$

Donde:

D= dosis de exposición a ruido.

C1 = tiempo de exposición.

T1= tiempo permitido.

#### 2.1.2.48 VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN Y VALORES DE EXPOSICIÓN QUE DAN LUGAR A UNA ACCIÓN.

A los efectos de este, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, se fijan en:

a) Valores límite de exposición:  $L_{Aeq,d} = 87 \text{ dB(A)}$  y  $L_{pico} = 140 \text{ dB (C)}$ , respectivamente.

b) Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A)}$  y  $L_{pico} = 137 \text{ dB(C)}$ , respectivamente. Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A)}$  y  $L_{pico} = 135 \text{ dB(C)}$ , respectivamente.

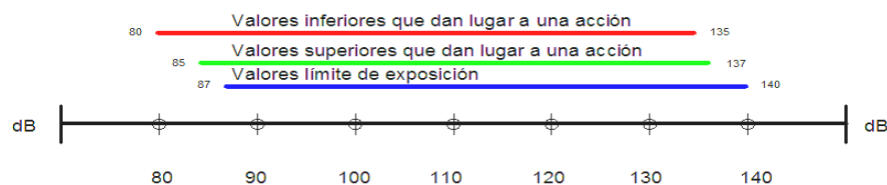


Figura N° 2.43: Valores de exposición.

(Fuente: Organización internacional del trabajo. (1998). Pág. 5.)

Tabla N°2.36: Exposiciones permisibles.

<b>Exposiciones permisibles (TLV)</b>			
<b>Duración h/d</b>	<b>Criterio OSHA</b>	<b>Criterio ISO</b>	<b>Criterio ACGIH</b>
8	90	90	85
4	95	93	90
2	100	96	95
1	105	99	100
1/2	110	102	105
1/4	115	105	110
	115	108	115
TOPE	115	115	115
PAISES	USA .CANDA .I.	F, D, GB. DK. S, AUS.	

**Fuente:** Normativa española. (1998). Exposiciones permisibles. Pág. 25.

Tabla N°2.37: Tiempos máximos de exposición al ruido.

<b>Decibeles</b>	<b>Tiempo máximo de exposición (sumados los tiempos totales en una jornada)</b>
87	8(horas)
90	4(horas)
93	2(horas)
96	1(horas)
99	0.5 (horas)
102	0.25(horas)
105	7,5(minutos)
112	1,5(minutos)
117	0,5(minutos)
120	15(segundos)

**Fuente:** Real Decreto 286/2006. (2006). Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Pág. 33.

### **2.1.2.49 LUMINOSIDAD**

Las condiciones de iluminación de un puesto de trabajo se evalúan de acuerdo al tipo de trabajo que se realiza. Para tareas que requieren una precisión visual normal, los niveles de iluminación y el grado de deslumbramiento se pueden valorar por observación. Para las tareas que requieren una precisión visual elevada, las diferencias de luminancia deben medirse, si es posible.

### **2.1.2.50 GUÍAS PARA LA MEDICIÓN DE LA LUMINOSIDAD**

- “Si la precisión visual necesaria es normal:
- Se mide el nivel de iluminación con un luxómetro.
- Se calcula el porcentaje del nivel de iluminación medido comparado con el valor recomendado para el puesto de trabajo.
- Se determina la existencia de deslumbramiento, observando si existen, o no, luces brillantes, superficies reflectantes y brillantes o áreas brillantes y oscuras, con un valor elevado de la razón entre las luminancias de las áreas en el campo de visión.
- Se comparan los valores obtenidos para la iluminación y el deslumbramiento. El peor de los resultados reflejará las condiciones de iluminación para todo el puesto de trabajo.
- Si la precisión visual necesaria es elevada se mide la luminancia del objeto, la del campo visual próximo o su inmediato, la media de la zona más oscura, y la de la zona más brillante.
- El resultado de la medición debe ir acompañado del grado de incertidumbre, por ejemplo:  $350 \pm 5$  lux. Para determinar el grado de incertidumbre del resultado de a medida es necesario conocer el grado de exactitud del equipo y, en su caso, su curva de calibración.”[43]

Es una característica propia del aspecto luminoso de una fuente de luz o de una superficie iluminada en una dirección dada. Es lo que produce en el órgano visual

---

<sup>43</sup> Márquez, D. (2004). Introducción a la medición de vibración. Venezuela.

la sensación de claridad; la mayor o menor claridad con que vemos los objetos igualmente iluminados depende de su luminancia.

#### **2.1.2.51 VISIBILIDAD**

“La visibilidad es la cualidad perceptible, que permite ver objetos a una determinada distancia. A menor visibilidad peor se verán objetos a la lejanía, mientras que a mayor visibilidad se verán mejor objetos lejanos.

Durante los últimos años el Instituto Canadiense de Conservación (ICC) ha desarrollado una tabla para tomar decisiones de iluminación en museos y salas de exhibición. Contiene los modelos de visibilidad, formulados por la comunidad internacional de ingenieros de iluminación, desde comienzos de la década de los ochenta. Estos modelos y los datos en los que se apoya, muestran la injerencia tan grande que tienen en la toma de decisiones sobre intensidad de iluminación, el nivel de dificultad de la tarea (el detalle del objeto que se está mirando) y la edad del observador. Desafortunadamente, estos modelos son muy complejos y muy difíciles aún para la mayoría de los consultores de iluminación.”[44]

Para tener una buena visibilidad se debe conseguir una iluminación correcta se deben tener en cuenta algunos requisitos, el objetivo principal que se debe alcanzar es que la cantidad de energía luminosa que llegue al plano de trabajo, sea la adecuada para la consecución del mismo, si no es imposible cubrir la iluminación naturalmente, se recurre a la luz artificial mediante reflectores que compensen a la luz natural.

---

<sup>44</sup> Michalski, S. (1997). Instituto Canadiense de Conservación. 1030 Innes Rd. Ottawa DIA OMS Canada.



### 2.1.2.52 NIVELES DE ILUMINACIÓN PARA TAREAS VISUALES Y ÁREAS DE TRABAJO

Los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la tabla siguiente:

Tabla N°2.38: Niveles de iluminación.

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Área de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: Patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Aéreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailera.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500

<b>Tarea Visual del Puesto de Trabajo</b>	<b>Área de Trabajo</b>	<b>Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)</b>
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados, exactas y muy prolongadas, y	2,000

**Fuente:** Norma Mexicana. NOM-025-STPS-2008.condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Pág. 3.

### **2.1.2.53 EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN**

#### **a) Metodología**

“De acuerdo con la información obtenida durante el reconocimiento, se establecerá la ubicación de los puntos de medición de las áreas de trabajo seleccionadas, donde se evaluarán los niveles de iluminación.

Cuando se utilice iluminación artificial, antes de realizar las mediciones, se debe de cumplir con lo siguiente:

Encender las lámparas con antelación, permitiendo que el flujo de luz se estabilice; si se utilizan lámparas de descarga, incluyendo lámparas fluorescentes, se debe esperar un periodo de 20 minutos antes de iniciar las lecturas. Cuando las lámparas fluorescentes se encuentren montadas en luminarias cerradas, el periodo de estabilización puede ser mayor.

En instalaciones nuevas con lámparas de descarga o fluorescentes, se debe esperar un periodo de 100 horas de operación antes de realizar la medición.

Los sistemas de ventilación deben operar normalmente, debido a que la iluminación de las lámparas de descarga y fluorescentes presentan fluctuaciones por los cambios de temperatura.

Cuando se utilice exclusivamente iluminación natural, se debe realizar al menos las mediciones en cada área o puesto de trabajo de acuerdo con lo siguiente:

Cuando no influye la luz natural en la instalación ni el régimen de trabajo de la instalación, se deberá efectuar una medición en horario indistinto en cada puesto o zona determinada, independientemente de los horarios de trabajo en el sitio.

Cuando sí influye la luz natural en la instalación, el turno en horario diurno (sin periodo de oscuridad en el turno o turnos) y turnos en horario diurno y nocturnos (con periodo de oscuridad en el turno o turnos), deberán efectuarse 3 mediciones en cada punto o zona determinada distribuidas en un turno de trabajo que pueda presentar las condiciones críticas de iluminación de acuerdo a lo siguiente:

- Una lectura tomada aproximadamente en la primera hora del turno.
- Una lectura tomada aproximadamente a la mitad del turno.
- Una lectura tomada aproximadamente en la última hora del turno.

Cuando sí influye la luz natural en la instalación y se presentan condiciones críticas, efectuar una medición en cada punto o zona determinada en el horario que presente tales condiciones críticas de iluminación.

#### **b) Ubicación de los puntos de medición.**

Los puntos de medición deben seleccionarse en función de las necesidades y características de cada centro de trabajo, de tal manera que describan el entorno ambiental de la iluminación de una forma confiable, considerando: el proceso de producción, la clasificación de las áreas y puestos de trabajo, el nivel de iluminación requerido en base niveles de iluminación, la ubicación de las luminarias respecto a los planos de trabajo, el cálculo del índice de áreas correspondiente a cada una de las áreas, la posición de la maquinaria y equipo, así como los riesgos informados a los trabajadores.

Las áreas de trabajo se deben dividir en zonas del mismo tamaño, de acuerdo a lo establecido en la columna A (número mínimo de zonas a evaluar) de la tabla que se cita a continuación, y realizar la medición en el lugar donde haya mayor concentración de trabajadores o en el centro geométrico de cada una de estas zonas; en caso de que los puntos de medición coincidan con los puntos focales de las luminarias, se debe considerar el número de zonas de evaluación de acuerdo a lo establecido en la columna B (número mínimo de zonas a considerar por la limitación) de la tabla que se encuentra a continuación. En caso de coincidir nuevamente el centro geométrico de cada zona de evaluación con la ubicación del punto focal de la luminaria, se debe mantener el número de zonas previamente definido.

Tabla N°2.39: Relación entre el índice de área y el número de zona de medición.

Índice de área	A) Número mínimo de zonas a evaluar	B) Número de zonas a considerar por la limitación
$IC < 1$	4	6
$1 \leq IC < 2$	9	12
$2 \leq IC < 3$	16	20
$3 \leq IC$	25	30

**Fuente:** Norma Mexicana. NOM-025-STPS-2008. condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Pág. 25.

El valor del índice de área, para establecer el número de zonas a evaluar, está dado por la ecuación siguiente:

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x+y)} \quad \text{Ec. (2.10)}$$

Donde:

IC = índice del área.

x, y = dimensiones del área (largo y ancho), en metros.

h = altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros.

En donde x es el valor de índice de área (IA) del lugar, redondeado al entero superior, excepto que para valores iguales o mayores a 3 el valor de x es 4. A partir de la ecuación se obtiene el número mínimo de puntos de medición.

En pasillos o escaleras, el plano de trabajo por evaluar debe ser un plano horizontal a  $75 \text{ cm} \pm 10 \text{ cm}$ , sobre el nivel del piso, realizando mediciones en los puntos medios entre luminarias contiguas.”[45]

### **c) Métodos para evaluar los niveles de iluminación**

#### **Método IES**

Se utiliza para evaluar el nivel de iluminación promedio en el área de trabajo, con base en la geometría del área y la disposición de las luminarias, cuando:

- El área sea regular y las luminarias se hallen simétricamente espaciadas en dos o más filas.
- El área sea regular con una luminaria colocada simétricamente.
- El área sea regular con una fila de luminarias.
- El área sea regular con una o más lámparas continuas.
- El área es regular con una fila de luminarias continuas.
- El área es regular con techo luminoso.

Con este método, las mediciones se toman en unos pocos puntos del lugar de trabajo considerado representativo de las mediciones que podrían llevarse a cabo en otros puntos de igual condición, con base en la regularidad del área del lugar y la simetría en la distribución de las luminarias.

#### **Método de la constante del salón**

Se utiliza para evaluar el nivel de iluminación promedio en el lugar de trabajo a partir de cierto número de mediciones y puntos de medición en función de la

---

<sup>45</sup> Norma Mexicana. NOM-025-STPS-2008. condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

constante del salón, IC, que viene dada por donde x es el largo del salón, y el ancho y h la altura de las luminarias sobre el plano útil.

#### **d) Determinación de la iluminación promedio**

“Cuando se realizan mediciones con el propósito de verificar los valores correspondientes a una instalación nueva, se deben tomar las precauciones necesarias para que las evaluaciones se lleven a cabo en condiciones apropiadas (tensión nominal de alimentación, temperatura ambiente, elección de lámparas, etc.) o para que las lecturas del medidor de iluminancia se corrijan teniendo en cuenta estas condiciones.

El cálculo del nivel promedio de iluminación para el método de la constante del salón, se realiza con la siguiente expresión:

$$Ei = \frac{\sum Ei}{N} \quad \text{Ec. (2.11)}$$

Donde:

Ei = Nivel promedio en lux.

Ei = Nivel de iluminación Medido en lux en cada punto.

N = Número de medidas realizadas.

Método de evaluación en plano de trabajo: aplicable a tareas específicas, en especial aquellas que requieren niveles mayores de iluminación por la dificultad del tamaño, contraste y tiempo de la tarea.”[46]

#### **e) Determinación del factor de uniformidad (FU)**

Para definir la uniformidad de los niveles de iluminación en un área, con una iluminación general, es necesario definir el nivel de iluminación promedio del

---

<sup>46</sup> Norma Mexicana. NOM-025-STPS-2008. condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

área en estudio y con ella comparar los valores medidos en cada uno de los puntos. Esta relación permite definir el factor de uniformidad dado por la siguiente relación:

$$FU = \frac{E_p}{E_i} \geq \frac{1}{1,5} \quad \text{Ec. (2.12)}$$

$$FU = \frac{E_i}{E_p} \geq \frac{1}{1,5} \quad \text{Ec. (2.13)}$$

Donde:

FU= Factor de uniformidad.

$E_p$ = Nivel promedio de iluminación del área.

$E_i$ = Nivel medio en cada punto.

Siempre en el numerador debe estar el nivel de menor valor es decir,  $E_p$  ó  $E_i$  y su relación debe estar entre 0,667 –1,0.

Cuando el 75 % ó más de los puntos se encuentren dentro del rango, indica que los niveles de iluminación son uniformes en el área, es decir, hay una adecuada distribución de la luz.

#### e) Determinación del factor de reflexión

De acuerdo con la norma NOM-025-STPS, (2008): Se debe determinar el factor de reflexión en el plano de trabajo y paredes (si aplica) que por su cercanía al trabajador afecten las condiciones de iluminación, y compararlo contra los niveles máximos permisibles del factor de reflexión en el siguiente cuadro:

Tabla N°2.40: Niveles permisibles del factor de reflexión.

Concepto	Niveles máximos permisibles de reflexión (Kf)
Paredes	60%
Plano de trabajo	50%

**Fuente:** Norma Mexicana. NOM-025-STPS-2008. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

Se considera que existe deslumbramiento en el área y puesto de trabajo, cuando el valor de la reflexión (Kf) supere los valores establecidos en la tabla anterior.

Para Evaluar el factor de reflexión de los puestos de trabajo seleccionados, es mediante la siguiente ecuación:

$$Kf = \frac{E_1}{E_2} * 100 \quad \text{Ec. (2.14)}$$

Donde:

$E_1$ = Se efectúa una primera medición ( $E_1$ ), con la fotocelda del luxómetro colocada de cara a la superficie (plano de Trabajo), a una distancia de  $10 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$ , hasta que la lectura permanezca constante.

$E_2$ = La segunda medición ( $E_2$ ), se realiza con la fotocelda orientada en sentido contrario y apoyada en la superficie (plano de trabajo), con el fin de medir la luz incidente,

### **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

El desarrollo de la presente investigación estará basado en las normas técnicas siguientes:

- ASTM A 569. Acero estructural.
- ASTM A-36. Acero estructural.
- Normas NTC 5831. Requisitos ergonómicos para trabajo frente a pantallas de visualización de datos (PVD).
- Normas UNE-En ISO 6385:2004. Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo.
- Normas RTE INEN 041:2010. Vehículos de transporte escolar.
- Normas UNE.EN ISO 7250-1:2010. Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico. Parte 1: Definiciones de las medidas del cuerpo y referencias.



## 2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

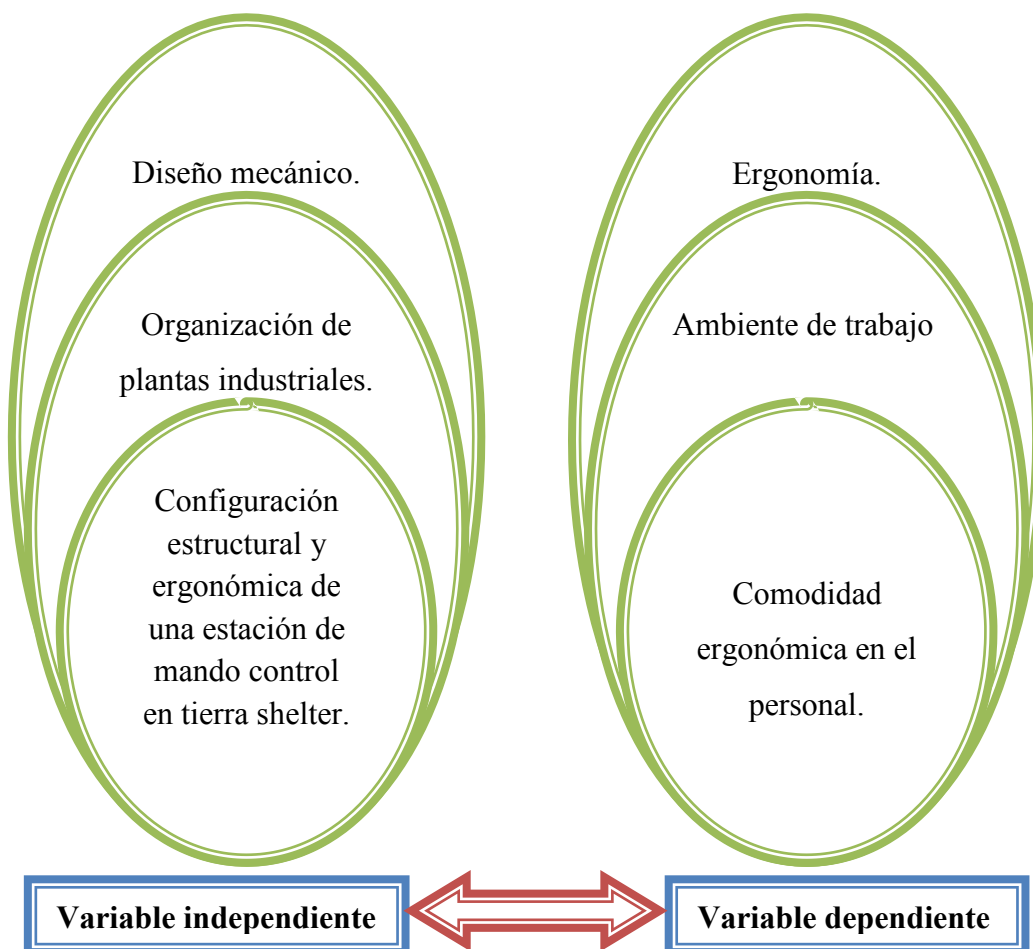


Figura 2.44: Categorías fundamentales.

(Fuente: Realizada por el Autor)

## 2.5 HIPÓTESIS

El estudio de una configuración estructural y ergonómica de una estación móvil de mando y control en tierra Shelter mejorará la comodidad ergonómica para el personal que monitorea y controla los sistemas de los aviones no tripulados en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS**

### **2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Estudio de una configuración estructural y ergonómica de una estación de mando y control en tierra Shelter.

### **2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

Comodidad ergonómica en el personal que monitorea y controla los sistemas de los aviones no tripulados en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

### **2.6.3 TERMINO DE RELACIÓN**

Mejorará.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 ENFOQUE**

La presente investigación se realizará bajo un enfoque cualicuantitativa pues se basó en resultados y análisis crítico del problema, además se identificaron las necesidades y los requerimientos de los operadores al momento de realizar la pruebas de vuelo en la aeronaves, necesita una orientación al descubrimiento de la hipótesis, ya que la incomodidad y los peligros que sufren los empleados requieren una medición controlada. Dicha investigación favorece al estudio de una estación de control, para asumir una realidad en los efectos ocasionados en la salud de los trabajadores en la estación de control.

#### **3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.2.1 BIBLIOGRÁFICA**

La presente investigación se va a implementar mediante la modalidad de la investigación por el objeto aplicada, requerido por medio de la elaboración de la estación de control la cual dará la solución a la incomodidad de los operadores al realizar pruebas de vuelo de los aviones, debido a que los hechos fueron estudiados para profundizar diferentes enfoques teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre la aplicación de configuración estructural y ergonómica (normas) basándose en documentos, en libros, revistas, presentados en internet, también se revisaron documentos que expresen los requerimientos de la estación de mando y control en tierra.

### **3.2.2 DE CAMPO**

Además dicha investigación se realizó en el lugar y por ende será una investigación de campo, ya que se permaneció en las instalaciones del CID-FAE para de esta manera conocer mediante la observación de los diferentes procesos que toma el personal para realizar las pruebas de vuelo, y así poder obtener la información necesaria para proponer una solución al problema, que en este caso es la implementación de una estación de control.

### **3.2.3 DESCRIPTIVA**

Mediante esta modalidad conseguimos describir, analizar paso a paso todo lo realizado en el estudio como: los avances, problemas que han surgido y sus posibles soluciones, así como también reflejara el nuevo conocimiento adquirido.

## **3.3 NIVEL O TIPOS DE INVESTIGACIÓN**

### **3.3.1 EXPLORATORIA**

La investigación abarcará el nivel exploratorio pues reconocerá las variables que competen, se investigara cada uno de los detalles del proyecto tanto su diseño como su funcionamiento, Se la utilizó porque permitirá un contacto y familiarización con la realidad estudiada, con los datos y elementos de juicio obtenidos permitió plantear problemas o formular la hipótesis de investigación y planificar éstas con un mayor rigor científico y ajustado a la realidad imperante.

### **3.3.2 DESCRIPTIVA**

El nivel descriptivo permitirá caracterizar la realidad investigada con lo que se realizara describiendo el problema en una circunstancia temporal-espacial, esta investigación fue el más adecuado al problema de un estudio de configuración estructural y ergonómica de una estación de mando y control en tierra.

### **3.3.3 CORRELACIONAL**

Dilucidará el grado de relación que existe entre dos o más variables en estudio, examinar asociaciones, donde el cambio en una variable va a influir directamente en el cambio de la otra.

### **3.3.4 EXPLICATIVA**

Esta investigación permitió dar capacidad de análisis, síntesis e interpretación, la cual detectará las causas de determinados comportamientos y los problemas que aquejan a este centro de investigación, de los cuales he priorizado el que es motivo de mi investigación.

## **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.4.1 POBLACIÓN**

La población motivo de la investigación, la conforman el total de la misma debido a que es un número pequeño y que esta población están directamente afectadas con el problema.

### **3.4.2 MUESTRA**

Por ser un número reducido la muestra fue conformada por el total de la población.

### 3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

#### 3.5.1 Variable Independiente: Configuración estructural y ergonómica de una estación de mando y control en tierra Shelter.

Tabla N°3.1: Operacionalización variable independiente.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS INSTRUMENTOS
Este tipo de unidades son contenedores móviles diseñados para responder a todas las necesidades operativas civiles y militares. Consta de configuración estructura metálica formando de parámetros y tabiques construidos con perfiles tubulares, vinculados entre sí con soldadura eléctrica y aislación térmica, vibratoria, con bastidor integral resistente, esquineros, vigas y cerchas de techo en chapa plegada.	Condiciones generales de trabajo.  Configuración.  Tipo de unidades móviles.	Ergonómicas.  Ambientales (áreas-layout).  Factores físicos.  Vehículos de transporte escolar.	Posición de confort. Evaluación del espacio de trabajo.  Administrativas. Planta o trabajo.  Ambiente térmico. Ruido. Luminosidad.  Furgoneta. Minibus. Bus.	Entrevista- guía de entrevista.  Observación-directa. Ficha de observación.  Observación-directa. Ficha de observación.  Toma de datos de norma RTE INEN 041.

Fuente: Realizada por el Autor

**3.5.2 Variable dependiente.** Comodidad ergonómica en el personal que monitorea y controla los sistemas de los aviones no tripulados en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

Tabla N° 3.2. Operacionalización variable dependiente.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS INSTRUMENTOS
Los operadores necesitan un ambiente cómodo tranquilo y seguro para realizar las pruebas de vuelo de las aeronaves.	Condiciones ergonómicas de trabajo	Dimensionamiento mobiliario.	Alto Ancho Largo Distancia entre cada mueble y equipos. (Mediante normas)	Observación-directa. Ficha de observación.
		Ángulos de confort.	Parámetros antropométricos, (Tomados de normas)	Toma de datos de normas, libros, códigos.
		Ambiente térmico.	18-24 °C para personas. 5-10 °C para equipos.	Observación-directa. Ficha de observación.
	Ambiente laboral.	Ruido.	Confort entre 55 y 65 dB.	Observación-directa. Ficha de observación.
		Luminosidad.	Niveles de iluminación alrededor de 500lux.	Observación-directa. Ficha de observación.

Fuente: Realizada por el Autor

### **3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

El plan de recolección de información será por medio de entrevista, el formato a seguir se encuentran en el anexo 1 las cuales serán dirigidos al Jefe de departamento de Comunicación, y mediante encuestas, el formato a seguir del anexo 2 realizado al Piloto, Jefe de estación, el operador y el personal de telecomunicación, también se realizará una observación mediante la guía del anexo 3 la misma que nos servirá para poder corroborar las respuestas obtenidas tanto en la encuesta como en la entrevista. Las personas que proporcionarán tal información serán:

#### **Jefe de departamento de Telecomunicación.**

Mayor. Lenin Jara. (Militar).

#### **Pilotos desde la estación en tierra.**

Ing. Hugo Loya. (Civil).

Ing. Rafael Mesías. (Civil).

Mayor. Paul Armas. (Militar).

#### **Jefe de estación.**

Capitán. Víctor Enríques. (Militar).

#### **Operador.**

Sargento. Edison Pilco. (Militar).

#### **Personal de Telecomunicación.**

Capitán. Hugo Fonseca. (Militar).

Sargento. Paúl Panchi. (Militar).



## **3.7 PLAN DE PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS**

### **3.7.1 PLAN DE PROCESAMIENTO**

Los datos que se obtuvieron de la recolección de información referente a los datos antropométricos, sobre la evaluación de riesgos ergonómicos y físico del puesto de trabajo, así también el dimensionamiento de los puestos de trabajo se procesaron mediante:

- Tablas, fichas de recolección de información, fotografías, toma de datos de normas y planos que permitieron la tabulación de los datos de acuerdo a los parámetros y a la relación que tienen las variables de la hipótesis.
- Aplicación de los instrumentos y analizada la validez, se procederá a la tabulación de datos cualitativos y cuantitativos según los parámetros de la operacionalización de la variables.
- Relación porcentual con respecto al total de los indicadores de las variables, con este resultado numérico se elaboraron cuadros de resultados.
- Representación de los resultados mediante tablas que permita identificar la evaluación de los riesgos tanto ergonómicos como físicos.

### **3.7.2 PLAN DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Se analizaron los resultados de la entrevista, encuesta y la observación la cual nos proporciona una idea clara del estado de la estación en tierra, también se analizo los resultados de la evaluación del puesto de trabajo mediante el método REBA la cual sirve para tomar una acción.

Los resultados de la evaluación de factores físicos como ambiente térmico, ruido y luminosidad con base a la recolección de datos y tabulación se analizaron el ambiente en el que trabaja.

Finalmente una vez realizada todo este estudio se llega a determinara las condiciones en la que el personal trabaja, con el objetivo de comprobar la hipótesis.

## **CAPÍTULO IV**

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

#### **4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

Para el presente estudio se ha considerado el siguiente proceso para el desarrollo y análisis de resultados del estudio de la configuración estructural y ergonómica de una estación de mando y control en tierra Shelter para el personal que monitorea y controla los sistemas de los aviones no tripulados.

##### **1. Entrevista**

Entrevista al Jefe de departamento de Comunicación estas nos sirvieron para tener una idea de cómo operan las aeronaves y poder identificar las principales causas de la incomodidad del personal.

##### **2. Encuesta**

Esto se realizó al piloto, al jefe estación, al operador y al personal de telecomunicación las mismas que nos sirvieron para determinar el porcentaje de incomodidad al realizar las pruebas de vuelo en la estación de control en la que están operando, se ejecuto mediante el método estadístico de ponderación.

##### **3. Observación**

La observación se realizo mediante la guía de observaciones del Anexo 3, esto se hizo en forma directa recogiendo todos los defectos ergonómicos que se puede observar la misma que nos servirá para realizar la verificación de la hipótesis mediante el método estadístico del chi-cuadrado.

#### **4. Evaluación ergonómico del puesto de trabajo en la que operan**

Se tomaron datos de postura en las que trabajan en forma de observación directa estos fueron de las extremidades tales como, cuello, espalda, piernas, brazo, antebrazo y muñeca, con estos datos se procedió al análisis mediante el método REBA la cual nos sirve para una evaluación rápida de de los esfuerzos a los que están sometidos los miembros superiores del aparato musculo-esquelético de los trabajadores, el procedimiento de aplicación de este método es el siguiente:

**4.1** Determinar los ciclos de trabajo y observar al trabajador durante varios de estos ciclos.

**4.2** Seleccionar las posturas que se evaluarán.

**4.3** Determinar, para cada postura, si se evaluará el lado izquierdo del cuerpo o el derecho (en caso de duda se evaluarán ambos).

**4.4** Determinar las puntuaciones para cada parte del cuerpo.

**4.5** Obtener la puntuación final del método y el nivel de actuación para determinar las existencias de riesgos.

**4.6** Revisar las puntuaciones de las diferentes partes del cuerpo para determinar dónde es necesario aplicar correcciones.

**4.7** Rediseñar el puesto o introducir cambios para mejorar la postura si es necesario.

**4.8** En caso de haber introducido cambios, evaluar de nuevo la postura con el método RULA para comprobar la efectividad de la mejora.

#### **5. Evaluación de riesgos físicos**

**5.1** Evaluación del ambiente térmico mediante el método WBGT según la norma NTP 322 de la cual se realizó la valoración del riesgo de estrés térmico.

**5.2** Realización de la evaluación del ruido según el real decreto del 2006 la cual nos permite establecer la dosis del ruido en la que están trabajando los operadores.

**5.3** Determinación de la evaluación de la luminosidad según la norma mexicana NOM-025-STPS-2008, esto nos permite determinar las condiciones de iluminación con las que cuenta la estación de trabajo.

## **6. Análisis de las configuraciones de la EMCT**

El método que se utilizó para la selección de la adecuada configuración es el estadístico mediante ponderación según la distribución por grupos autónomos de trabajo, los pasos a seguir para la selección de la propuesta es el siguiente:

**6.1** Determinación de las medidas corporales, es decir el cálculo del percentil para su posterior selección según los parámetros requeridos para el diseño.

**6.2** Determinación de los ángulos y las posiciones de confort de los trabajadores.

**6.3** Distribución de las áreas para la EMCT.

**6.4** Determinación del equipamiento y los muebles.

**6.5** Dimensionamiento de cada una de las áreas.

**6.6** Selección de la unidad mediante la norma RTE INEN 041 para vehículos de transporte escolar.

**6.7** Aplicación del método SLP.

**6.8** Selección de la mejor configuración mediante el método estadístico de ponderación.

## **7. Evaluación ergonómica de la configuración seleccionada**

Para la evaluación ergonómica de la configuración del Shelter se utilizó según lo mencionado en el literal 4 de este capítulo.

#### **4.1.1 ENTREVISTA AL MAYOR LENIN JARA JEFE DE DEPARTAMENTO DE COMUNICACIÓN**

**Pregunta N°1:** ¿Qué tipo de estación de control utilizan para las aeronaves?

Por el momento se ha adaptado la estación que se controla a los dirigibles (PGA) y mediante la estación piloteado remotamente que es de un alcance limitado.

La pregunta se refiere al tipo de estacionamiento que se encuentran operando para tener una idea del equipamiento que se requiere y a su vez del espacio que se necesita.

**Pregunta N°2:** ¿Cuáles son las principales falencias de la estaciones de control existente en cuanto a su estructura?

La estructura no ofrece garantías en cuanto a la protección de agentes externos como la lluvia, humedad, altas temperaturas y que los equipos para monitorear a los aviones son diferentes con los que se usa para controlar a los dirigibles.

La pregunta se refiere para conocer las fallas de la estructura externa del shelter y así poder seleccionar el tipo de material y el acabado para evitar los problemas que se mencionan.

**Pregunta N°3:** ¿El personal se siente en un ambiente de trabajo cómodo al realizar las operaciones de monitoreo y control de los aviones?

Prácticamente no debido a que la configuración interna del Shelter está diseñado para otra función con otros equipos otros sistemas y el ambiente de trabajo no es el confortable debido a que no existe un sistema de aire acondicionado que sea capaz de eliminar las altas temperaturas que generan los equipos.

La pregunta se refiere a la comodidad del personal en el espacio de trabajo si esta cumple con los requerimientos ergonómicos de ambiente controlado para realizar el diseño de espacios internos acorde a las funciones que cumplen los operadores.

**Pregunta N°4:** ¿Existe daños en los equipos que se encuentran en el interior de la estación de control?

Al no ofrecer garantías en la estructura y al no contar con un empotramiento adecuado de los equipos estos han sufrido desperfectos por recalentamiento, caídas, vibraciones.

Esta pregunta se refiere a los daños que sufren los equipos por el diseño estructural y nos ayudara a tomar en cuenta en el tipo de aislamiento que se deberá colocar para proteger a los mismos.

**Pregunta N°5:** ¿La actual configuración estructural interna de la Estación de Mando y Control en Tierra (EMCT) es la apropiada para el personal?

No debido a que no cumple un orden tanto en el cableado como en la ubicación de la estructura interna, además no se encuentra diseñado de acuerdo a normas ergonómicas tanto los asientos, la ubicación de las pantallas, no cuenta con una buena distribución de espacios.

La pregunta se refiere al tipo de distribución de espacios en el interior del shelter y por ende la ubicación de los equipos, esto nos ayudara a tener una idea de la forma que deberá tener la nueva estación de control y el tipo de distribución de espacios para tener una configuración interna adecuada.

**Pregunta N°6:** ¿Qué requerimientos ergonómicos necesitan que cumpla la estación de control?

Estos requerimientos deben ser una ambiente controlado de trabajo es decir que los equipos trabajen al máximo de sus capacidades sin presentar daños, tener una adecuada distribución de espacios, un sistema de iluminación que no disipe altas temperaturas, empotramiento de racks, sillas y equipos para evitar movimientos indeseados por la vibración del vehículo, el shelter debe tener una altura estándar para evitar problemas al momento de trasladar de un lugar a otro.

La pregunta se refiere a las características que deben tener la nueva estación de control y las necesidades que debe cubrir para que el personal se sienta en un ambiente de trabajo cómodo.

**Pregunta N°7:** ¿Qué días se realiza las pruebas de vuelo y cuanto dura?

Las pruebas de vuelo se realizan los días de lunes a viernes de 7:30 a 10:30 am es decir que tiene una duración de 3 horas tomando en cuenta en la preparación de las aeronaves, el número de las mismas y el tiempo en descargar la información.

Tabla N° 4.1: Tiempo de operación por semanas aeronave 1 (UAV-0).

AERONAVE 1 (UAV-0)					
DÍAS	PREPARACIÓN (min)	CARRETEO (min)	VUELO (min)	DESCARGA DE DATOS (min)	TIEMPOS (horas)
Lunes	30	15	30	15	1,5000
Martes	30	15	20	15	1,3333
Miércoles	30	15	35	15	1,5833
Jueves	30	15	15	15	1,2500
Viernes	30	15	40	15	1,6667
					7,3333

Fuente: Realizado por el Autor.

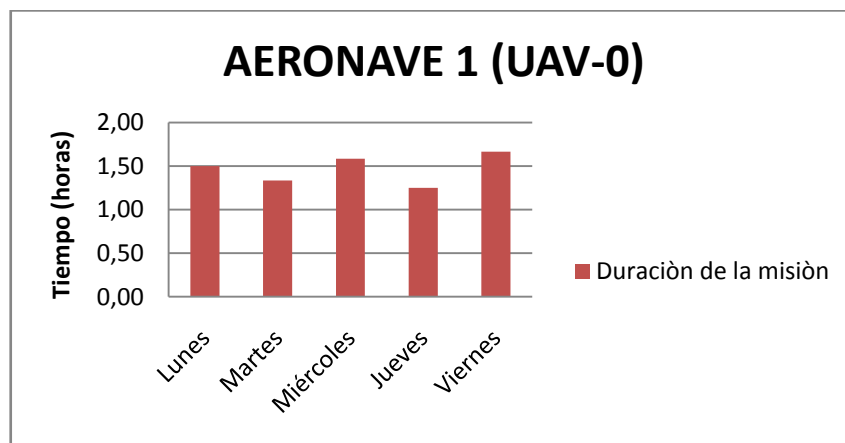


Figura N° 4.1. Tiempo de operación por semanas aeronave 1 (UAV-0).

(Fuente: Realizado por el Autor.)

Tabla N° 4.2: Tiempo de operación por semanas aeronave 2 (UAV-1).

<b>AERONAVE 2 (UAV-1)</b>					
<b>DÍAS</b>	<b>PREPARACIÓN (min)</b>	<b>CARRETEO (min)</b>	<b>VUELO (min)</b>	<b>DESCARGA DE DATOS (min)</b>	<b>TIEMPOS (horas)</b>
Lunes	40	15	30	20	1,7500
Martes	40	15	20	20	1,5833
Miércoles	40	15	35	20	1,8333
Jueves	40	15	15	20	1,5000
Viernes	40	15	40	20	1,9167
					<b>8,5833</b>

Fuente: Realizado por el Autor.

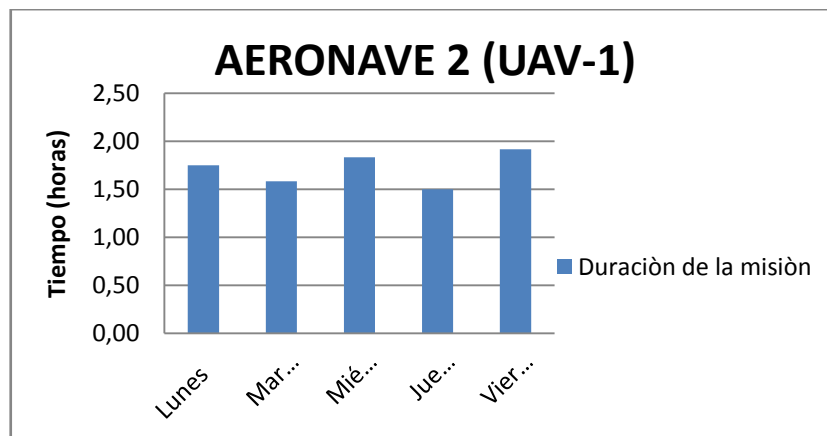


Figura N° 4.2. Tiempo de operación por semanas aeronave 2 (UAV-1).

(Fuente: Realizado por el Autor.)

Tabla N° 4.3: Tiempo de operación por semanas del Shelter.

<b>TIEMPO DE OPERACIÓN DEL SHELTER</b>					
<b>AERONAVES</b>	<b>PREPARACIÓN (min)</b>	<b>CARRETEO (min)</b>	<b>VUELO (min)</b>	<b>DESCARGA DE DATOS (min)</b>	<b>TIEMPOS (horas)</b>
1 (UAV-0)	150	75	140	75	7,3333
2 (UAV-1)	200	75	140	100	8,5833
					<b>15,9167</b>

Fuente: Realizado por el Autor.



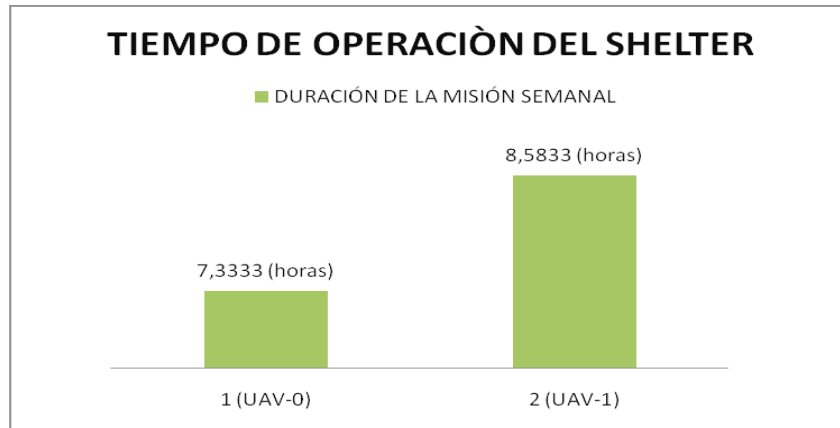


Figura N° 4.3. Tiempo de operación por semanas del Shelter.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

La pregunta se refiere para determinar el tiempo en la que se encuentra operando el shelter.

**Pregunta N°8:** ¿Cuánto influye para el cumplimiento del cronograma de trabajo?

Influye mucho ya que el tiempo de pruebas es muy corto esto hace que no tengamos datos más reales del comportamiento de la aeronave en cambio al contar con una EMCT específicamente para los aviones el tiempo de pruebas se prolongaría.

Esta pregunta se refiere para poder determinar la influencia de la estación de control en el cumplimiento del cronograma y poder establecer la necesidad de una estación de control específicamente para las aeronaves.

**Pregunta N°9:** ¿En qué lugares normalmente se encuentra ubicada la estación al momento de realizar las pruebas?

La estación de control normalmente se encuentra ubicada en la base del CID-FAE pero en ocasiones se trasladan a zonas rurales por lo que el shelter con que contamos es muy alto y por ende muy difícil de transportar.

Tabla N° 4.4: Matriz de ponderación.

PREGUNTAS	SI	NO	PORCENTAJES		CRITERIO DE SELECCIÓN	PONDERACIÓN	
						I	II
						SI (5)	NO (1)
1.- ¿Se necesita una estación de control específicamente para las aeronaves?	6	0	0,353	0	0,15	0,265	0
2.- ¿Es recomendable realizar modificaciones a la estación de control de los dirigibles para que funcione como una estación para los aviones?	1	5	0,059	0,135	0,05	0,015	0,007
3.- ¿Se ha tenido accidentes por falta de aislamiento es decir lluvia, altas temperaturas, humedad, vibraciones?	4	2	0,235	0,054	0,12	0,141	0,006
4.- ¿Los espacios internos están distribuidos de acuerdo a sus necesidades?	0	6	0	0,162	0,07	0	0,011
5.- ¿La ubicación de los equipos es la apropiada para no tener interferencia entre sí?	0	6	0	0,162	0,1	0	0,016
6.- ¿La actual estación de control está diseñada para recorrer caminos de poco acceso sin que los equipos sufran daños o causen daños a terceros?	2	4	0,118	0,108	0,12	0,071	0,013
7.- ¿Se puede controlar las condiciones de trabajo es decir temperatura, humedad, ventilación o cambio de aire?	3	3	0,176	0,081	0,09	0,079	0,007
8.- ¿La estructura de las pantallas es cómoda en cuanto al movimiento que requieren realizar?	1	5	0,059	0,135	0,2	0,059	0,027
9.- ¿Esta estación permite facilidad de acceso para realizar mantenimiento a los diferentes sistemas como de energía, aire acondicionado y equipos informáticos?	0	6	0	0,162	0,1	0	0,016
	17	37	1	1	1	5	1

Fuente: Realizado por el Autor.

#### 4.1.2 ENCUESTA



Se realizará a 6 personas para lo cual la ponderación de criterios de resultados se realizara de la siguiente manera:

Tabla N° 4.5: Ponderación de criterios.

<b>Si</b>	5
<b>No</b>	1
<b>Ninguna</b>	0

**Fuente:** Realizado por el Autor.

Tabla N° 4.6: Guía de encuesta.

 <p><b>ENCUESTA</b></p>	<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b></p> <p><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b></p> <p><b>CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA</b></p>	 <p><b>REG: EMCT-001</b></p>	
<p>Encuesta sobre el lugar de estación de mando y control en tierra y la influencia en la comodidad del personal que opera dicha estación.</p>			
<p>Encuesta dirigida al personal del CID-FAE que opera la estación de mando y control en tierra.</p>			
<p><b>Objetivo:</b></p>			
<p>Determinar las características estructurales y ergonómicas que debe contar una estación de mando y control.</p>			
<p><b>Instrucciones:</b></p>			
<p>Para contestar las siguientes preguntas, escoja la opción que crea la más acertada a su criterio.</p>			
<b>PREGUNTAS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>NINGUNA</b>
<p><b>1.-</b> ¿Se necesita una estación de control específicamente para las aeronaves?</p>	6	0	0
<p><b>2.-</b> ¿Es recomendable realizar modificaciones a la estación de control de los dirigibles para que funcionen como una estación para los aviones?</p>	1	5	0

<b>PREGUNTAS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>NINGUNA</b>
3.- ¿Se ha tenido accidentes por falta de aislamiento es decir lluvia, altas temperaturas, humedad, vibraciones?	3	3	0
4.- ¿Los espacios internos están distribuidos de acuerdo a sus necesidades?	0	6	0
5.- ¿La ubicación de los equipos es la apropiada para no tener interferencia entre sí?	0	6	0
6.- ¿La actual estación de control está diseñada para recorrer caminos de poco acceso sin que los equipos sufran daños o causen daños a terceros?	2	4	0
7.- ¿Se puede controlar las condiciones de trabajo es decir temperatura, humedad, ventilación o cambio de aire?	4	2	0
8.- ¿La estructura de las pantallas es cómoda en cuanto al movimiento que requieren realizar?	1	5	0
9.- ¿Esta estación permite facilidad de acceso para realizar mantenimiento a los diferentes sistemas como de energía, aire acondicionado y equipos informáticos?	0	6	0

Fuente: Realizado por el Autor.

#### 4.1.3 GUÍA DE OBSERVACIÓN

Tabla N° 4.7: Guía de observación.

 <b>OBSERVACIÓN</b>		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA</b>		 <b>REG: EMCT-002</b>	
<b>Elaborado por:</b> El autor			<b>Fecha:</b> 15/07/2012		
<b>Indicadores</b>	<b>Si cumple</b>	<b>No cumple</b>	<b>Observaciones</b>		
EMCT para UAVs.		x	En la actualidad operan en una estación adaptada.		
Ambiente cómodo y seguro (Norma NTP 322).		x	No cumple con las temperaturas de trabajo de los equipos.		
Diseño estructural interno ergonómico (Norma NTP 601).		x	El área de los equipos no cumple con los diseños estructurales ergonómicos para el personal.		
Aislamiento térmico.		x	No optimiza el sistema de refrigeración interior.		

<b>Indicadores</b>	<b>Si cumple</b>	<b>No cumple</b>	<b>Observaciones</b>
Aislamiento contra vibración en la estructura interna (Real Decreto 1311/2005).		x	No contempla elementos antivibrantes que protejan a los equipos instalados durante los traslados.
Distribución de espacios (Norma ISO 11064-4).		x	Los espacios no son aprovechados adecuadamente.
Normas ergonómicas y de seguridad.		x	Los diseños no se basan en ninguna norma.
Protección contra agentes externos.		x	La estructura no ofrece garantía de protección a los equipos contra lluvia, humedad, altas temperaturas.

**Fuente:** Realizado por el Autor.

#### **4.1.4 EVALUACIÓN INTEGRAL DEL PUESTO DE TRABAJO SEGÚN EL MÉTODO REBA**

Las mediciones de carga postural se efectuarán con la ayuda de una cámara que nos permitirá obtener imágenes durante el desarrollo de la tarea, que cumpla como mínimo con las exigencias establecidas en las normas NTP 601. El método REBA una herramienta de análisis postural.

##### **4.1.4.1 PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS**

- Se comienza dividiendo al cuerpo en dos grupos, siendo el grupo A, el correspondiente al tronco, el cuello y las piernas y el grupo B el formado por los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca).
- Procedemos a consultar de la Tabla 2.18, para la obtención de la puntuación inicial del grupo A, a partir de las puntuaciones individuales del tronco, cuello y piernas.

- La valoración del grupo B a partir de las puntuaciones del brazo, antebrazo y muñeca, mediante la Tabla 2.19.
- La modificación de la puntuación asignada al grupo A (tronco, cuello y piernas) en función de la tabla de carga o fuerzas aplicadas, que se denominará "Puntuación A" y se puede observar en la Tabla 2.20.
- La corrección de la puntuación asignada a la zona corporal de los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca) o grupo B según la tabla del tipo de agarre de la carga manejada, se denomina "Puntuación B" y se puede observar en la Tabla 2.21.
- De la "Puntuación A" y la "Puntuación B" y mediante la consulta de la Tabla 2.22, se obtiene una nueva puntuación denominada "Puntuación C".
- La modificación de la "Puntuación C" según la tabla de actividad muscular desarrollada para la obtención de la puntuación final del método, como se lo puede observar en la Tabla 2.23.
- Se consulta la tabla de nivel de acción, riesgo y urgencia de la actuación correspondientes al valor final calculado, y se lo puede observar en la Tabla 2.24.

#### **a) Datos del puesto**

**Identificador del puesto:** Estación de Mando y Control en Tierra (EMCT).

**Descripción:** Monitoreo y control de los sistemas de los aviones no tripulados.

**Departamento/Área:** Guiado de navegación y control.

**Sección:** Telecomunicación.

**Observaciones:**

La evaluación se lo realizara en el lado derecho e izquierdo del cuerpo.

## b) Introducción de la información

### Análisis en el lado derecho según el literal 2.1.2.34.

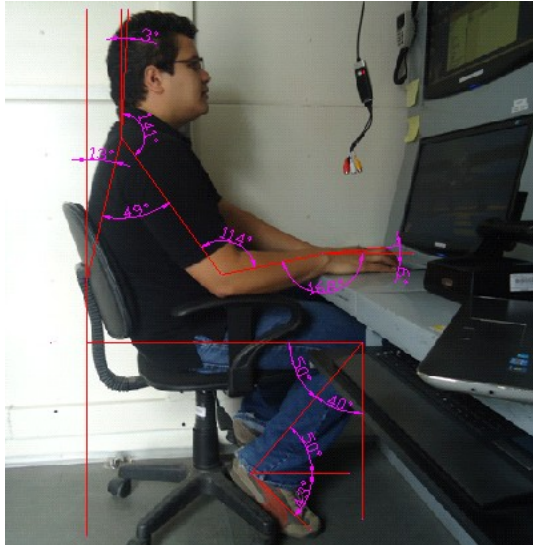


Figura N° 4.4. Evaluación ergonómica lado derecho EMCT actual.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

### **Grupo A:** Tronco, cuello y piernas.

#### **Posición del tronco.**

- (1) Postura sentada, bien apoyado y con un ángulo tronco-caderas  $>90^\circ$ .
- (1) Si hay torsión del tronco.
- (1) Si hay inclinación lateral del tronco.

#### **Posición del cuello.**

- (3) El cuello está flexionado por encima de 20 grados.
- (1) El cuello está lateralizado.
- (1) El cuello está rotado.

### Posición de las piernas

(2) Si los pies no están bien apoyados o si el peso no está simétricamente distribuido.

**Grupo B:** Brazo, antebrazo y muñeca.

### Posición del brazo

(3) El brazo está entre 46 y 90 grados de flexión.

(1) El brazo está rotado o el hombro elevado.

(-1) La carga no está soportada sólo por el brazo sino que existe un punto de apoyo.

### Posición del antebrazo

(1) El antebrazo está entre 60 y 100 grados de flexión.

(1) Si el antebrazo cruza la línea central del cuerpo.

### Posición de la muñeca

(3) La muñeca está flexionada o extendida más de 15 grados.

### Puntuación en tablas

Tabla N°4.8: Puntuación inicial para el grupo A.

Tabla A													
Cuello	Tronco												
	1		2		3		4		5		6		
	Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7	
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7	
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8	
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	

Fuente: NTP 601. Método REBA.



La puntuación de la Tabla A es 8, no se añade ninguna puntuación de carga o fuerza debido a que es menor a 2kg y se realiza intermitentemente.

De la misma forma obtenida la puntuación del grupo B se procede a obtener el valor denominado puntuación B de la tabla siguiente:

Tabla N°4.9: Puntuación inicial para el grupo B.

TABLA B		Antebrazo					
		1			2		
Muñeca		1	2	3	1	2	3
Brazo	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Fuente: NTP 601. Método REBA.

Para el tipo de agarre se observa el tipo de tarea que realiza el trabajador y se obtiene la siguiente puntuación:

Tabla N°4.10: Puntuación del tipo de agarre.

Puntos	Posición
+0	<b>Agarre Bueno</b> El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio.
+1	<b>Agarre Regular</b> El agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo.
+2	<b>Agarre Malo</b> El agarre es posible pero no aceptable.
+3	<b>Agarre Inaceptable</b> El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo.

Fuente: NTP 601. Método REBA.

La puntuación de la tabla B es 5, se suma el tipo de agarre que es 1 la cual el total es 6, con la puntuación A y B se obtiene la puntuación final combinada de la tabla siguiente:

Tabla N°4.11: Puntuación C en función de las puntuaciones A y B.

Tabla C												
Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

(Fuente: NTP 601. Método REBA.

Para la puntuación final mediante la observación al trabajador se obtiene la puntuación para el tipo de postura de la siguiente tabla:

Tabla N°4.12: Puntuación del tipo de actividad muscular.

Puntos	Actividades
+1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de un minuto.
+1	Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar).
+1	Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables.

Fuente: NTP 601. Método REBA.

La puntuación final se obtiene al sumar la puntuación de la tabla C mas el tipo de actividad con lo cual nos da  $10+1=11$ , con este valor se obtiene el nivel de riesgo como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla N°4.13: Niveles de actuación según la puntuación final obtenida.

Puntuación Final	Nivel de Acción	Nivel de Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2-3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4-7	2	Medio	Es necesaria la actuación
8-10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11-15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Fuente: NTP 601. Método REBA.

### Flujo de obtención de puntuación del lado derecho

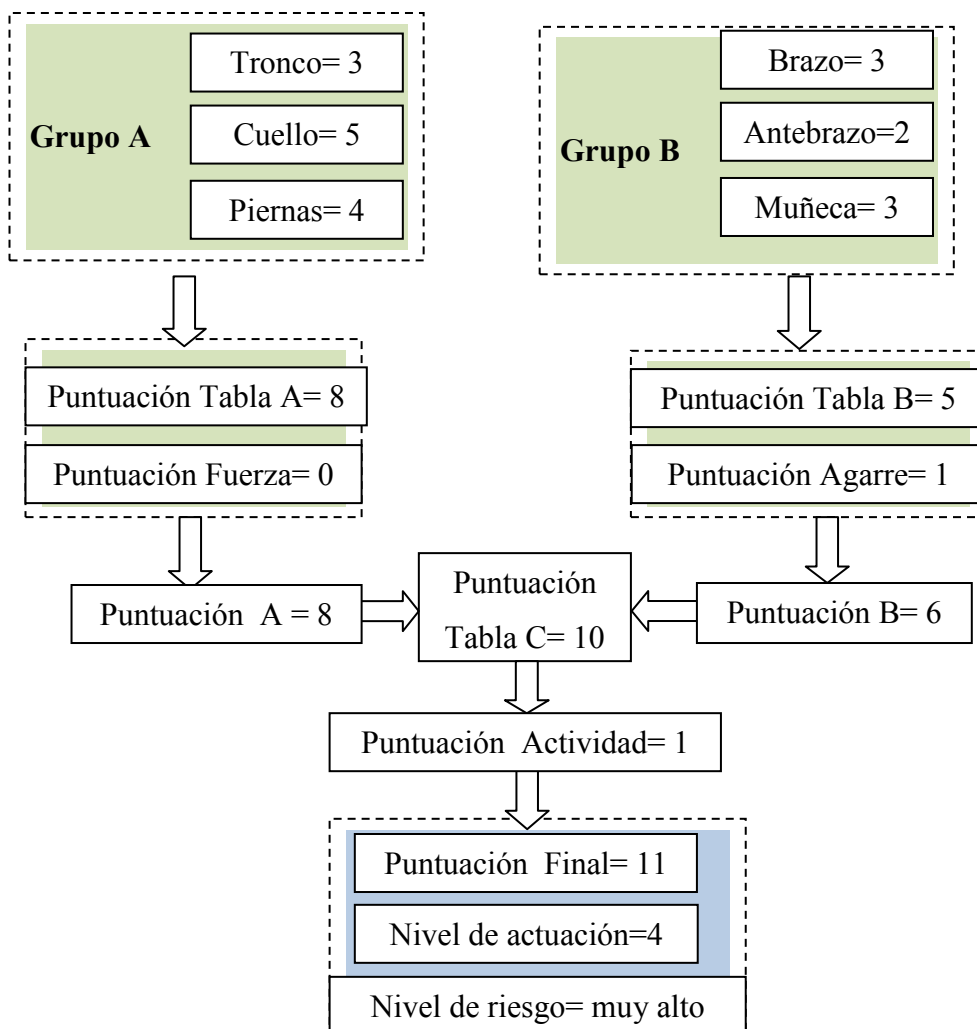




Figura N° 4.5: Flujo de obtención de puntuaciones en el método lado derecho EMCT actual.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

Tabla N° 4.14: Resultado de la evaluación del puesto de trabajo lado derecho EMCT actual.

 <p><b>MÉTODO: REBA</b></p>		<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b></p> <p><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b></p> <p><b>CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> <p><b>Puesto de trabajo:</b> Estación de Mando y Control en Tierra (EMCT).</p> <p><b>Descripción:</b> Monitoreo y control de los sistemas de los aviones no tripulados.</p>					 <p><b>REG: EMCT-003</b></p> <p><b>ESTUDIO N°: 1</b></p>	
<b>Norma:</b> Norma NTP 601.				<b>Lado a evaluar:</b> Derecho (Actual).		<b>Fecha:</b> 6/11/2012		
Grupo A	Puntaje A	Grupo B	Puntaje B	Puntaje C	Puntaje final	Nivel de actuación	Nivel de riesgo	Acción
Tronco	3	Brazo	3	10	11	4	Muy alto	Es necesaria la actuación inmediata.
Cuello	5	Antebrazo	2					
Piernas	4	Muñeca	3					
Puntuaciones totales	8		6					

**Fuente:** Realizado por el Autor.

### Análisis en el lado izquierdo según el literal 2.1.2.34.

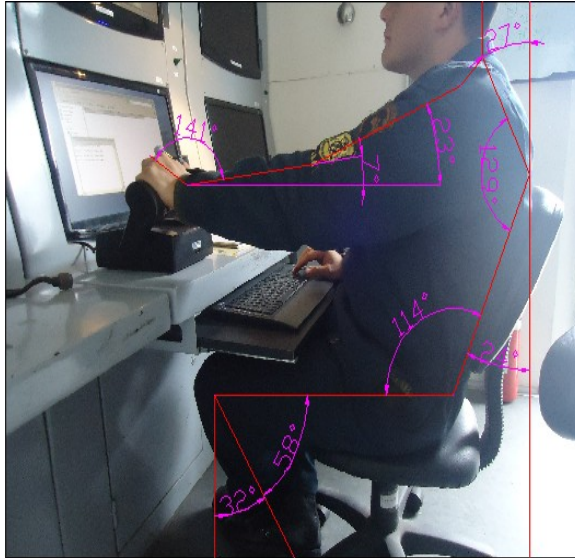


Figura N° 4.6. Evaluación ergonómica lado izquierdo EMCT actual.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

**Grupo A:** Tronco, cuello y piernas.

#### **Posición del tronco.**

- (1) Postura sentada, bien apoyado y con un ángulo tronco-caderas  $>90^\circ$ .
- (1) Si hay inclinación lateral del tronco.

#### **Posición del cuello.**

- (4) El cuello está en extensión.
- (1) El cuello está lateralizado.

#### **Posición de las piernas**

- (1) El trabajador está sentado con las piernas y pies bien apoyados.

**Grupo B:** Brazo, antebrazo y muñeca.

### Posición del brazo

(4) El grado de flexión del brazo es mayor a 90.

### Posición del antebrazo

(2) El antebrazo está flexionado por debajo de 60 grados o por encima de 100 grados.

### Posición de la muñeca

(2) La muñeca está entre 0 y 15 grados de flexión o extensión.

(1) Existe torsión o desviación lateral de la muñeca.

### Puntuación en tablas

Una vez obtenida la puntuación del grupo A se procede a obtener el valor denominado puntuación A de la tabla siguiente:

Tabla N°4.15: Puntuación inicial para el grupo A.

Tabla A												
Cuello	Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Fuente: NTP 601. Método REBA.

La puntuación de la Tabla A es 7, no se añade ninguna puntuación de carga o fuerza debido a que es menor a 2kg y se realiza intermitentemente.

De la misma forma obtenida la puntuación del grupo B se procedió a obtener el valor denominado puntuación B de la tabla siguiente:

Tabla N°4.16: Puntuación inicial para el grupo B.

TABLA B		Antebrazo					
		1			2		
Muñeca		1	2	3	1	2	3
Brazo	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Fuente: NTP 601. Método REBA.

Para el tipo de agarre se observa el tipo de tarea que realiza el trabajador y se obtiene la siguiente puntuación:

Tabla N°4.17: Puntuación del tipo de agarre.

Puntos	Posición
0	<b>Agarre Bueno</b> El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio.
1	<b>Agarre Regular</b> El agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo.
2	<b>Agarre Malo</b> El agarre es posible pero no aceptable.
3	<b>Agarre Inaceptable</b> El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo.

Fuente: NTP 601. Método REBA.

La puntuación de la tabla B es 7, se suma el tipo de agarre que es cero la cual el total es 7, con la puntuación A y B se obtuvo la puntuación final combinada de la tabla siguiente:

Tabla N°4.18: Puntuación C en función de las puntuaciones A y B.

Tabla C												
Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

(Fuente: NTP 601. Método REBA.

Para la puntuación final mediante la observación al trabajador se obtiene la puntuación para el tipo de postura de la siguiente tabla:

Tabla N°4.19: Puntuación del tipo de actividad muscular.

Puntos	Actividades
+1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de un minuto.
+1	Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar).
+1	Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables.

Fuente: NTP 601. Método REBA.

La puntuación final se obtiene al sumar la puntuación de la tabla C más el tipo de actividad con lo cual nos da  $9+1=10$ , con este valor se obtiene el nivel de riesgo como se muestra a continuación en la siguiente tabla:



Tabla N°4.20: Niveles de actuación según la puntuación final obtenida.

Puntuación Final	Nivel de Acción	Nivel de Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2-3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4-7	2	Medio	Es necesaria la actuación
8-10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11-15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Fuente: NTP 601. Método REBA.

**Flujo de obtención de puntuación para el lado izquierdo.**

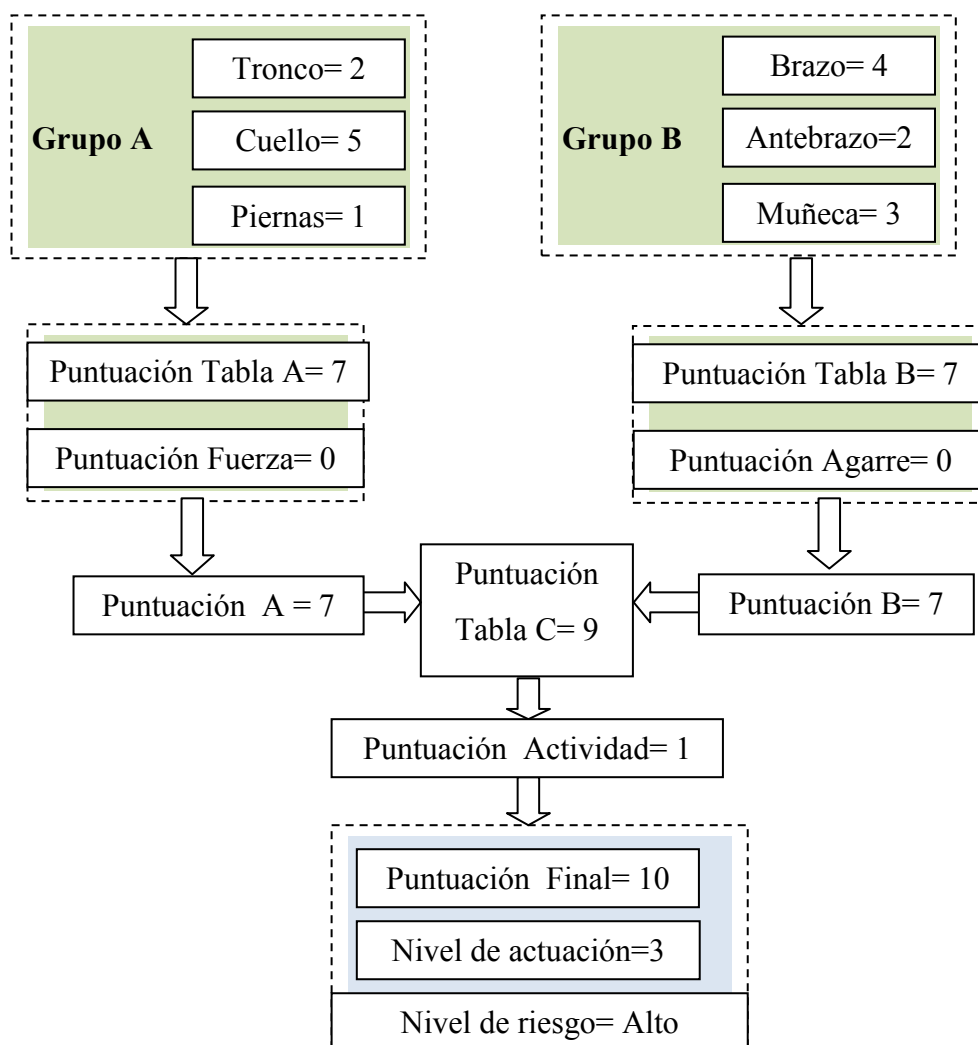



Figura N° 4.7: Flujo de obtención de puntuaciones en el método lado izquierdo EMCT actual.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

Tabla N° 4.21: Resultado de la evaluación del puesto de trabajo lado izquierdo EMCT actual.

 <p><b>MÉTODO: REBA</b></p>		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA</b>						 <p><b>REG: EMCT-004</b></p>	
		<p><b>Puesto de trabajo:</b> Estación de Mando y Control en Tierra propuesta de diseño.</p> <p><b>Descripción:</b> Monitoreo y control de los sistemas de los aviones no tripulados.</p>							
<p><b>Norma:</b> Norma NTP 601.</p>				<p><b>Lado a evaluar:</b> Izquierdo (Actual).</p>			<p><b>Fecha:</b> 6/11/2012</p>		
Grupo A	Puntaje A	Grupo B	Puntaje B	Puntaje C	Puntaje final	Nivel de actuación	Nivel de riesgo	Acción	
Tronco	2	Brazo	4	9	10	3	Alta	Es necesaria la actuación cuanto antes	
Cuello	5	Antebrazo	2						
Piernas	1	Muñeca	3						
Puntuaciones totales	7		7						

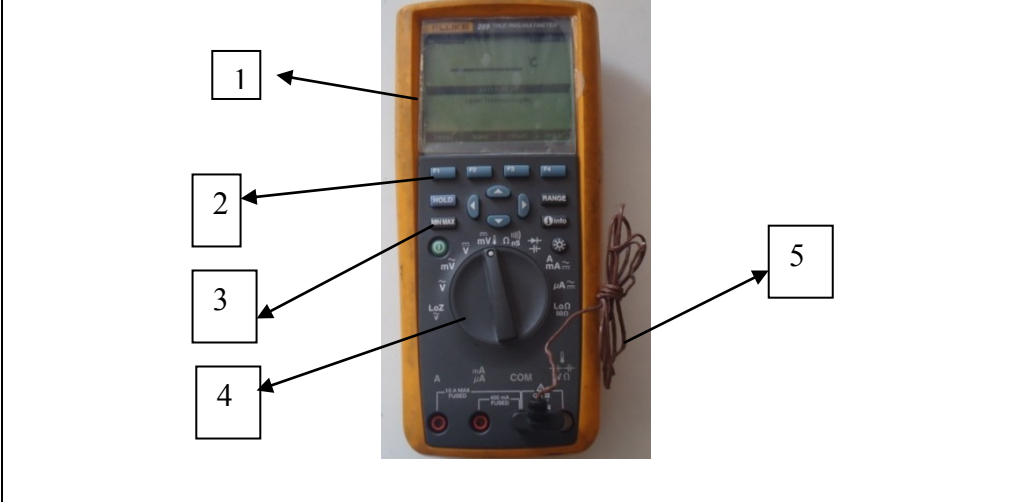
Fuente: Realizado por el Autor.

## 4.1.5 EVALUACIÓN DE RIESGOS FÍSICOS

### 4.1.5.1 EVALUACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO

Las mediciones se efectuarán mediante un termómetro cuyas especificaciones se detallan a continuación:

Tabla N° 4.22: Medidor de temperatura.

		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Medidor Fluke 289. Registra datos. Rango de medición -200 a 1090°C. Cumple con CSA, UL, TUV, CE. Precisión 1%. Frecuencia 999,99kHz Tamaño 222x102x60mm. Peso 870,9g. Duración de la batería 100 horas.	Numeral	Descripción
	1	Display.
	2	Botón de cambio de unidades.
	3	Botón de encendido.
	4	Selector de medida.
5	Sensor	

Fuente: Realizado por el Autor.

#### Procedimiento según la norma Venezolana COVENIN 2254-95.

- Selección del puesto de trabajo en el que se realizará las mediciones, de acuerdo a la norma Venezolana COVENIN 2254-95 las condiciones ambientales para el presente análisis son homogéneas alrededor del trabajador.

- Para efectuar las mediciones se realizó en el momento más caluroso que es a las 12am debido a que a esa hora se termina con las pruebas de vuelo.
- Se ubica el instrumento de medición en lugares representativos de las condiciones normales de trabajo y a una altura que corresponde al centro del tórax del trabajador, bien sea de pie o sentado, para el presente estudio se tomo las mediciones cuando el trabajador se encontraba sentado, debido a que el trabajo se realiza con pantallas de visualización de datos.



Figura N° 4.8: Medición de la temperatura.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

- Encendido del instrumento de medición.
- El horario de pruebas de vuelo se lo realiza en las mañanas a partir de las 8:00 hasta las 12:00 horas, es decir que la jornada dura 4horas, para lo cual se toma una medición la cual dura aproximadamente 25 minutos, este procedimiento se utilizo para tomar las muestras de los tres días a la misma hora.

### Calculó mediante el método WBGT para la EMCT

Se calcula el WGTpromedio mediante la ecuación 2.3

$$\text{WBGTpromedio} = \frac{\text{WBGT1} * t1 + \text{WBGT2} * t2 \dots}{t1 + t2}$$

$$\text{WBGTpromedio} = 29,237^{\circ}\text{C}$$

Calculo de la carga térmica metabólica CTM mediante la ecuación 2.4.

$$\text{CTM} = \text{PMC} + \text{TT} + \text{MB}$$

$$CTM= 2,2Kcal/min$$

Los valores de posición y movimiento del cuerpo (PMC) y el tipo de trabajo (TT) fueron tomados de la Tabla 2.31 mientras que el metabolismo basal (MB) fue tomado de la norma Venezolana COVENIC de la página 6.

Cálculo de la carga térmica metabólica promedio CTMpromedio mediante la ecuación 2.5.

$$CTM_{promedio} = \frac{CTM1 * t1 + CTM2 * t2 \dots}{t1 + t2}$$

$$CTM_{promedio}= 2,2Kcal/min= 132Kcal/h$$

Cálculo de la temperatura WBGTpermitida que se obtiene de la tabla 2.33 con el consumo metabólico para personas no aclimatadas.

$$WBGT_{permitida}= 29^{\circ}C$$



Cálculo de la dosis permitida mediante la ecuación 2.6.

$$Dosis = \frac{WBGT_{promedio}}{WBGT_{permitido}}$$

$$Dosis= 1,01$$

La norma dice que si la dosis es menor a uno se le considera como riesgo tolerable mientras que si la dosis es mayor a uno existe riesgo intolerable, por lo que para nuestro estudio la dosis es mayor a uno por lo que el riesgo es intolerable a causa de que el tiempo de exposición es mayor a lo permitido y el lugar no se encuentra aclimatada.

Tabla N° 4.23: Resultado del ambiente térmico (Método WBGT).

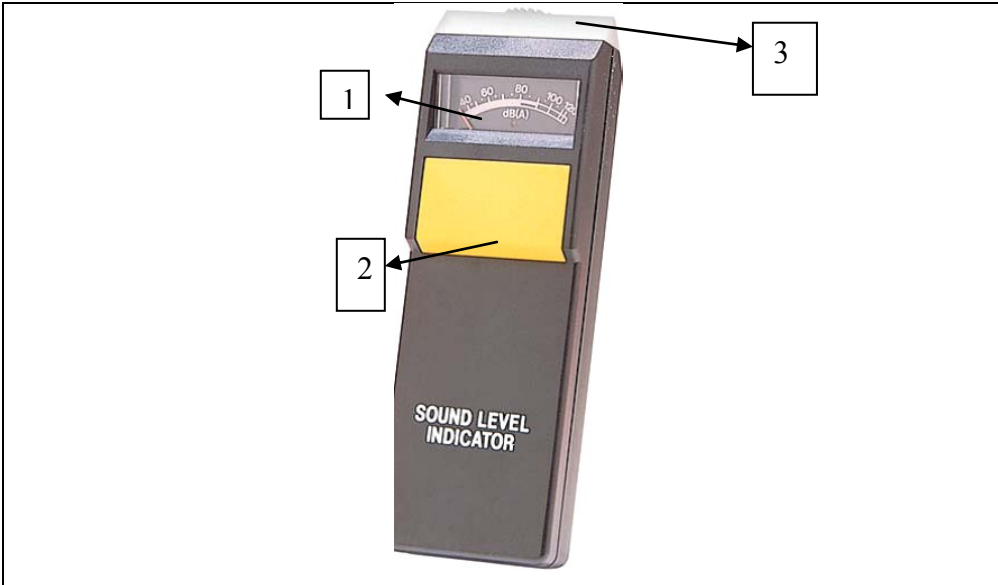
 <b>MÉTODO: WBGT</b>		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA</b>					 <b>REG: EMCT-005</b> <b>ESTUDIO N°: 3</b>			
		<b>Puesto de trabajo:</b> Estación de Mando y Control en Tierra. <b>Descripción:</b> Monitoreo y control de los sistemas de los aviones no tripulados.								
<b>Norma:</b> Norma Venezolana COVENIN 2254:1995.			<b>Hora de medición:</b> 12 horas del medio día (Más caluroso.)			<b>Fecha:</b> 10/12/2012				
Días de Mediciones	Actividad	Tiempo (min)		Temperaturas (°C)			Posición y movimiento del cuerpo PMC (Kcal/min)	Tipo de trabajo TT(Norma) (Kcal/min)	Metabolismo basal MB (Norma) (Kcal/min)	Carga térmica metabólica CTM (Kcal/min)
		T (m)	T (j)	Tg	Th	WBGT				
Lunes	Pruebas de vuelo	25	240	37,9	25,7	29,36	0,3	0,9	1	2,2
Martes		25		37,3	24,9	28,62	0,3	0,9	1	2,2
Miércoles		25		38,9	25,8	29,73	0,3	0,9	1	2,2
<b>Tiempo de exposición</b>		<b>240</b>		38,033	25,467	29,237				
<b>Promedio</b>										
<b>Carga térmica metabólica promedio CTMprom</b>		<b>WBGT permitido Norma (°C)</b>		<b>Dosis</b>	<b>D&lt;1</b>	<b>D&gt;1</b>				
<b>Kcal/min</b>	<b>Kcal/h</b>									
2,2	132		29	1,01	Intolerable					

Fuente: Realizado por el Autor.

### 4.1.5.2 EVALUACIÓN DEL RUIDO

Las mediciones de ruido estable se efectuarán con un sonómetro cuyas especificaciones se detallan a continuación:

Tabla N° 4.24: Sonómetro.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
	Numeral	Descripción
Rango de medida 40 a 120 db (A). Precisión $\pm 2$ db. Frecuencia 2 a 5 kHz. Tipo IEC 651 Tipo II, ANSI S 1.4 Tipo 2. Energía 1X 2.7V de Batería. Dimensiones 145X50X30mm. Peso 100gr.	1	Display análogo
	2	Botón de operación.
	3	Micrófono.

Fuente: Realizado por el Autor

### Procedimiento

- Selección del puesto de trabajo en el que se realizará la medición.
- La medición se realizara en la estación con la presencia del trabajador ubicando el micrófono del sonómetro a 10cm de nivel del oído en la posición sentado tratando de mantener estable para que no varíe la medición.



Figura N° 4.9: Medición del ruido.

(Fuente: Realizada por el Autor.)

- La evaluación se realiza mediante la medición de los decibeles  $L_{Aeq}$  con un valor promedio de los valores obtenidos con el sonómetro.
- La obtención de los datos se lo realiza cada 15 minutos dentro de los cuales se tomaran muestras de 5 minutos de duración durante toda la jornada que dura 4 horas debido a que es un ruido aleatorio utilizando el método de muestreo según el Real Decreto 286/2006.

Tabla N° 4.25: Medición de ruido aleatorio.

<b>MUESTRA TOMADA PARA LA JORNADA DE 4 HORAS</b>			
<b>Actividades</b>	<b>N° Medición</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>(<math>L_{AeqT}</math>)m (dB)</b>
Encendido de equipos, inspección de la aeronave	1	15	66,7
encendido del motor de la aeronave	2	15	95,8
Carroteo y puesta a punto de la aeronave	3	15	100,7
	4	15	100
Liberación de la aeronave	5	15	87,3
Condiciones de trabajo aeronave en vuelo	6	15	66,7
	7	15	65,8
Aterrizaje para realizar ajustes en la aeronave y liberación de la misma	8	15	79,7
	9	15	95,8
Condiciones de trabajo aeronave en vuelo	10	15	67,9
	11	15	69,5
	12	15	70,4
Aterrizaje de la aeronave y descarga de datos	13	15	75,2
	14	15	76,7
Revisión de los datos	15	15	67,9
Fin de la prueba	16	15	63,4

(Fuente: Realizado por el Autor)



### Cálculo mediante el nivel de presión continuo equivalente ( $L_{Aeq(T)}$ )

El valor del nivel equivalente de presión sonora se cálculo mediante la ecuación 2.7.

$$L_{Aeq(T)} = 10 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} (10)^{0.1 * L_{AeqT,m}} \right] dB(A)$$

El valor  $L_{AeqT,m}$  se toma de la Tabla 4.18 que son las 16 muestras de la cual sacamos el equivalente.

$$L_{Aeq(T)} = 78,094 \text{ dB(A)}$$

Calculo del nivel diario equivalente de presión sonora para cada operación que se calcula mediante la ecuación 2.8, donde el tiempo de exposición es de 4 horas tenemos:

$$L_{Aeq(d)} = L_{Aeq(T)} + 10 \log \frac{T}{8}$$

$$L_{Aeq(d)} = 75,083 \text{ dB(A)}$$

Comprobación del tipo de ruido mediante la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de las muestras, cuyo valor si es  $\leq 5$  continuo o estable y  $> 5$  es fluctuante.

$$TR = V_{\max} - V_{\min}$$

$$TR = 100.7 - 63.4$$

$$TR = 37.3$$

Por lo tanto como 37.3 es  $> 5$  se trata de un ruido fluctuante de acuerdo al Real Decreto 286/2006.

Cálculo del tiempo de exposición permitido, este valor se obtiene mediante la Tabla 2.36 con el valor del nivel de presión continua equivalente que es de

$L_{Aeq(T)} = 75,083\text{dB(A)}$ , por lo tanto el **TEP= 8horas** de ruido tomando encuentra que para los valores altos de ruidos se deben utilizar protección.

Cálculo del valor de la dosis permitida la misma que se calcula mediante la ecuación 2.9.

$$D = \frac{C1}{T1}$$

$$D = 0,67$$

Por lo tanto si la dosis es  $<1$  se considera como riesgo tolerable, en cambio si la dosis es  $>1$  se considera con riesgo intolerable, es nuestro caso el riesgo es tolerable a causa de que el tiempo de exposición es menor a lo permitido, pero se recomienda para valores de ruidos altos utilizar protección auditiva principalmente cuando el motor se encuentra encendido.

Tabla N° 4.26: Resultado de la medición del ruido fluctuante.

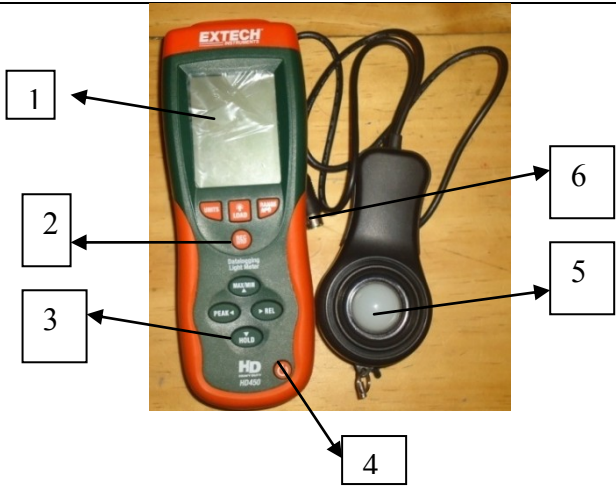
 <b>MEDICIÓN DEL RUIDO FLUCTUANTE</b>			<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA</b>					 <b>REG: EMCT-006</b> <b>ESTUDIO N°: 4</b>	
<b>Norma: REAL DECRETO 286/2006</b>			<b>Hora de medición: 8am a 12am(Toda la jornada)</b>				<b>Fecha: 11/12/2012</b>		
<b>Sonómetro: Sound Level Indicator. Tipo: SL120.</b>			<b>Nivel de exposición</b>					<b>Evaluación</b>	
<b>N° Medición</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Muestra</b>	<b>LAeq(T) (dB)</b>	<b>TE (Horas)</b>	<b>TEP (Norma) (Horas)</b>	<b>Dosis</b>	<b>D&lt;1 D&gt;1</b>	<b>LAeq(d) (dB)</b>	<b>85≥VA≤87</b>
		<b>(LAeqT)m (dB)</b>							<b>VL&gt;87</b>
1	15	66,7	78,094	4	6	0,67	Tolerante (0,67<1)	75,083	NA
2	15	95,8							
3	15	100,7							
4	15	100							
5	15	87,3							
6	15	66,7							
7	15	65,8							
8	15	79,7							
9	15	95,8							
10	15	67,9							
11	15	69,5							
12	15	70,4							
13	15	75,2							
14	15	76,7							
15	15	67,9							
16	15	63,4							

Fuente: Realizado por el Autor.

### 4.1.5.3 EVALUACIÓN DE LA LUMINOSIDAD

Las mediciones de luminosidad se realizaron con el luxómetro cuyas especificaciones se detallan a continuación:

Tabla N° 4.27: Luxómetro digital.

		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
Luxómetro digital Extech Instruments/ Light Meters- HD-450/12062898. Mide iluminancia en Lux y Bujías pie (Fc), registra datos e incluye una conexión PC y software compatible Windows	Numeral	Descripción
	1	Pantalla LCD
	2	Juego de botones con función alta.
	3	Juego de botones con función baja.
	4	Botón de encendido.
	5	Sensor de luz.
6	Enchufe del cable sensor.	

Fuente: Realizado por el Autor

#### Procedimiento

- Selección del puesto de trabajo en el que se realizará la medición.
- Se calcula el número de puntos de medición según la norma Mexicana NOM-025-STPS-2008.

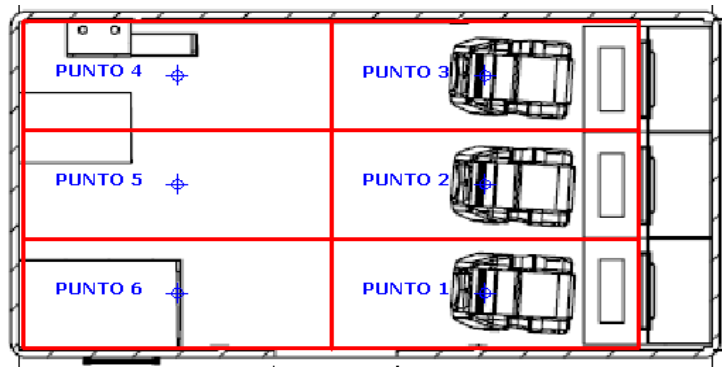


Figura N° 4.10: Número de puntos a evaluar.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

- Se enciende el instrumento de medición y se busca la escala de medida con el botón RANGE.
- Quite la tapa protectora del sensor para exponer el domo blanco sensible.
- Coloque el sensor en posición horizontal en el centro de cada punto que se va a realizar la medición.



Figura N° 4.11: Medición de la luminosidad.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

- La obtención de los datos se lo realiza cada cierto tiempo en el transcurso de toda la jornada.
- Tome el valor mínimo del instrumento para realizar los cálculos respectivos.

### Cálculo mediante la constante del salón

Cálculo del índice de la área mediante la ecuación 2.10, con este valor se obtiene los puntos de medición de la Tabla 2.39.

$$IC = \frac{(X)(y)}{h(x+y)}$$

$$IC = 0,698$$

Selección del número de puntos de medición de la Tabla 2.39 con el índice del área. Como el  $IC < 1$ , el número mínimo de zonas o puntos a evaluar 4, pero como coinciden con los puntos focales de las luminarias, se eligió el apartado B la cual es de 6 puntos de medición según lo especificado en la norma Mexicana 025-STPS-2008, la cual se realizó en los siguientes casos:

- Lámparas apagadas puerta abierta.
- Lámparas encendidas puerta cerrada.
- Lámparas encendidas puerta abierta.
- Lámparas apagadas puerta cerrada.

Tomando los valores máximos y mínimos para cada caso y los valores de E1 y E2, para su posterior análisis como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 4.28: Muestra de medición con lámparas apagadas puerta abierta.

<b>Lámparas apagadas puerta abierta.</b>						
<b>Hora de medición: 8am a 12am(Toda la jornada)</b>						
<b>Zonas o puntos a medir</b>	<b>Tiempo (s) estabiliza la medida</b>	<b>Muestra (lux)</b>		<b>Factor de Reflexión</b>		
		<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Puntos de análisis</b>	<b>E1 (lux)</b>	<b>E2 (lux)</b>
1	30	530,2	510,9	Escritorio 1	355,2	650,4
2		531,6	513,3	Escritorio 2	329,8	655,3
3		625	620,3	Escritorio 3	360,4	710,8
4		530,9	525,6	Pared	400,8	720,6
5		635,8	600,2	Mesa	310,3	640,5
6		600,4	580,47	Rack	164,3	620,5

Fuente: Realizado por el Autor

Tabla N° 4.29: Muestra de medición con lámparas encendida puerta cerrada.

<b>Lámparas encendidas puerta cerrada.</b>						
<b>Hora de medición: 8am a 12am(Toda la jornada)</b>						
<b>Zonas o puntos a medir</b>	<b>Tiempo (s) estabiliza la medida</b>	<b>Muestra (lux)</b>		<b>Factor de Reflexión</b>		
		<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Puntos de análisis</b>	<b>E1 (lux)</b>	<b>E2 (lux)</b>
1	30	536,7	525,6	Escritorio 1	128,6	580,7
2		535,4	524,9	Escritorio 2	115,3	570,3
3		533,3	525,7	Escritorio 3	118	575,4
4		530,7	500,4	Pared	195,9	550,5
5		529,9	495,8	Mesa	147	520,8
6		505,3	494,9	Rack	27,4	525

Fuente: Realizado por el Autor

Tabla N° 4.30: Muestra de medición con lámparas encendida puerta abierta.

<b>Lámparas encendidas puerta abierta.</b>						
<b>Hora de medición: 8am a 12am(Toda la jornada)</b>						
<b>Zonas o puntos a medir</b>	<b>Tiempo (s) estabiliza la medida</b>	<b>Muestra (lux)</b>		<b>Factor de Reflexión</b>		
		<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Puntos de análisis</b>	<b>E1 (lux)</b>	<b>E2 (lux)</b>
1	30	538,75	523,7	Escritorio 1	241,9	615,6
2		538,8	524,5	Escritorio 2	222,6	612,8
3		584,45	578,4	Escritorio 3	239,2	643,1
4		536,1	518,4	Pared	298,4	635,6
5		588,15	553,4	Mesa	228,7	580,7
6		558,15	543,1	Rack	95,9	572,8

Fuente: Realizado por el Autor

Tabla N° 4.31: Muestra de medición con lámparas apagadas puerta cerrada.

<b>Lámparas apagadas puerta cerrada.</b>						
<b>Hora de medición: 8am a 12am(Toda la jornada)</b>						
<b>Zonas o puntos a medir</b>	<b>Tiempo (s) estabiliza la medida</b>	<b>Muestra (lux)</b>		<b>Factor de Reflexión</b>		
		<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Puntos de análisis</b>	<b>E1 (lux)</b>	<b>E2 (lux)</b>
1	30	21,2	20,4	Escritorio 1	5,1	21,2
2		21,1	19,3	Escritorio 2	6,7	18,3
3		21,4	20,3	Escritorio 3	4,9	19,5
4		17,4	15,1	Pared	3,7	14,9
5		14,1	13,3	Mesa	2,6	13,9
6		11,2	10,5	Rack	1,4	9,8

Fuente: Realizado por el Autor

Para las Tablas 4.29 y 4,30, las lámparas se dejó encendido por 20 minutos antes de realizar las lecturas, permitiendo así constituir el flujo de luz como lo establece la norma Mexicana NOM 025-STPS-2008.

### **Ejemplo de cálculos.**

**Parámetro de medición:** Lámparas apagadas puerta abierta.

Cálculo del nivel promedio de iluminación para el método de la constante del salón, se realiza con la siguiente expresión:

$$Ei = \frac{\sum Ei}{N}$$

$$Ei = 558,46\text{lux}$$

Selección del nivel de iluminación permitida la cual obtenemos de la Tabla 2.38 que es de 500lux por ser un cuarto tipo sala de cómputo.

$$E_{\text{permitido}} = 500\text{lux}$$

Cálculo del factor de uniformidad según la ecuación 2.12.

$$FU = \frac{E_p}{E_i} \geq \frac{1}{1,5}$$

$$FU = 0,97 \geq 0,66$$



Cálculo de la evaluación del factor de reflexión mediante la ecuación 2.13.

$$Kf = \frac{E_1}{E_2} * 100$$

$$Kf = 54,61\%$$




Tabla N° 4.32: Resultado de la medición de la luminosidad lámparas apagadas, puerta abierta.

			<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA</b>								
<b>MÉTODO: CONSTANTE DEL SALÓN.</b>			<b>Puesto de trabajo:</b> Estación de Mando y Control en Tierra (EMCT). <b>Dimensiones de puesto a medir:</b> (2,35x4,43x2,2)metros <b>Descripción:</b> Monitoreo y control de los sistemas de los aviones no tripulados.						<b>REG:</b> <b>EMCT-007</b> <b>ESTUDIO N°: 5</b>		
<b>MEDICIÓN CON LAS LÁMPARAS APAGADAS, PUERTA ABIERTA</b>											
<b>Norma:</b> Norma Mexicana NOM-025-STPS-2008				<b>Hora de medición:</b> 8am a 12am (Toda la jornada)				<b>Fecha:</b> 14/12/2012			
Índice de área (IC)	N° de zonas a evaluar	Zonas o puntos	Tiempo (s) estabiliza la medida	Muestra (lux)	Niveles de iluminación permitida Norma (lux)	Nivel de iluminación promedio (lux)	Dosis de iluminación	Factor de uniformidad (%) 66≤FU≤100	Factor de reflexión		
				Mínimo					Ítem	Reflexión (%)	Valor descrito Norma (%)
0,698	6	1	30	510,9	500	558,46	0,90	91,48	Escritorio 1	54,61	50
		2		513,3				91,91	Escritorio 2	50,33	50
		3		620,3				90,03	Escritorio 3	50,70	50
		4		525,6				94,12	Pared	55,62	60
		5		600,2				93,05	Mesa	48,45	50
		6		580,47				96,21	Rack	26,48	60
<b>Promedio</b>				558,4617							



Fuente: Realizado por el Autor.

Tabla N° 4.33: Resultado de la medición de la luminosidad lámparas encendidas, puerta cerrada.

			<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA</b>								
<b>MÉTODO: CONSTANTE DEL SALÓN.</b>			<b>Puesto de trabajo:</b> Estación de Mando y Control en Tierra (EMCT). <b>Dimensiones de puesto a medir:</b> (2,35x4,43x2,2) metros <b>Descripción:</b> Monitoreo y control de los sistemas de los aviones no tripulados.						<b>REG: EMCT-008</b> <b>ESTUDIO N°: 6</b>		
<b>MEDICIÓN CON LAS LÁMPARAS ENCENDIDA, PUERTA CERRADA</b>											
<b>Norma:</b> Norma Mexicana NOM-025-STPS-2008				<b>Hora de medición:</b> 8am a 12am (Toda la jornada)				<b>Fecha:</b> 14/12/2012			
Índice de área (IC)	N° de zonas a evaluar	Zonas o puntos	Tiempo (s) estabiliza la medida	Muestra (lux)	Niveles de iluminación permitida (lux)	Nivel de iluminación promedia (lux)	Dosis de iluminación	Factor de uniformidad (%) $66 \leq FU \leq 100$	Factor de reflexión		
				Mínimo					Ítem	Reflexión (%)	Valor descrito Norma (%)
0,698	6	1	30	525,6	500	511,22	0,98	97,26	Escritorio 1	22,15	50
		2		524,9				97,39	Escritorio 2	20,22	50
		3		525,7				97,24	Escritorio 3	20,51	50
		4		500,4				97,88	Pared	35,59	60
		5		495,8				96,98	Mesa	28,23	50
		6		494,9				96,81	Rack	5,22	60
<b>Promedio</b>				511,22							


Fuente: Realizado por el Autor.

Tabla N° 4.34: Resultado de la medición de la luminosidad lámparas encendidas, puerta abierta.

 <p><b>MÉTODO: CONSTANTE DEL SALÓN.</b></p>		<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b></p> <p><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b></p> <p><b>CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> <p><b>Puesto de trabajo:</b> Estación de Mando y Control en Tierra (EMCT).  <b>Dimensiones de puesto a medir:</b> (2,35x4,43x2,2) metros  <b>Descripción:</b> Monitoreo y control de los sistemas de los aviones no tripulados.</p>						 <p><b>REG: EMCT-009</b> <b>ESTUDIO N°: 7</b></p>			
		<b>MEDICIÓN CON LAS LÁMPARAS ENCENDIDA, PUERTA ABIERTA</b>									
Norma: Norma Mexicana NOM-025-STPS-2008				Hora de medición: 8am a 12am (Toda la jornada)			Fecha: 14/12/2012				
Índice de área (IC)	N° de zonas a evaluar	Zonas o puntos	Tiempo (s) estabiliza la medida	Muestra (lux)	Niveles de iluminación permitida (lux)	Nivel de iluminación promedia (lux)	Dosis de iluminación	Factor de uniformidad (%) 66≤FU≤100	Factor de reflexión		
				Mínimo					Ítem	Reflexión (%)	Valor descrito Norma (%)
0,698	6	1	30	523,7	500	540,24	0,93	96,93	Escritorio 1	39,30	50
		2		524,5				97,09	Escritorio 2	36,32	50
		3		578,4				93,40	Escritorio 3	37,19	50
		4		518,4				95,96	Pared	46,94	60
		5		553,4				97,62	Mesa	39,38	50
		6		543,1				99,48	Rack	16,74	60
<b>Promedio</b>				540,24							

Fuente: Realizado por el Autor

Tabla N° 4.35: Resultado de la medición de la luminosidad lámparas apagadas, puerta cerrada.

 <b>MÉTODO: CONSTANTE DEL SALÓN.</b>			<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA</b>						 <b>REG: EMCT-010</b> <b>ESTUDIO N°: 8</b>		
			<b>Puesto de trabajo:</b> Estación de Mando y Control en Tierra (EMCT). <b>Dimensiones de puesto a medir:</b> (2,35x4,43x2,2) metros <b>Descripción:</b> Monitoreo y control de los sistemas de los aviones no tripulados.								
<b>MEDICIÓN CON LAS LÁMPARAS APAGADAS, PUERTA CERRADA</b>											
Norma: Norma Mexicana NOM-025-STPS-2008				Hora de medición: 8am a 12am (Toda la jornada)				Fecha: 14/12/2012			
Índice de área (IC)	N° de zonas a evaluar	Zonas o puntos	Tiempo (s) estabiliza la medida	Muestra (lux)	Niveles de iluminación permitida (lux)	Nivel de iluminación promedio (lux)	Dosis de iluminación	Factor de uniformidad (%) 66≤FU≤100	Factor de reflexión		
				Mínimo					Ítem	Reflexión (%)	Valor descrito Norma (%)
0,698	6	1	30	20,4	500	16,48	30,33	80,80	Escritorio 1	24,06	50
		2		19,3				85,41	Escritorio 2	36,61	50
		3		20,3				81,20	Escritorio 3	25,13	50
		4		15,1				91,61	Pared	24,83	60
		5		13,3				80,69	Mesa	18,71	50
		6		10,5				63,70	Rack	14,29	60
<b>Promedio</b>				16,48							

Fuente: Realizado por el Autor

#### **4.1.6 ANÁLISIS DE LAS CONFIGURACIONES DE LA EMCT**

Para determinar esto se realizo tomando en cuenta la planificación sistemática de distribución en planta, que es importante que se tenga siempre la meta de la optimización económica, para ello se propone los siguientes principios de diseño:

- Integración.
- Mínima distancia de recorrido.
- Flujo de materiales.
- Volumen ocupado.
- Recursos humanos.
- Flexibilidad.

##### **4.1.6.1 MEDIDAS CORPORALES**

Para la conformación del puesto de trabajo es importante conocer las dimensiones más importantes del cuerpo y la extensión respectiva de las zonas de movimiento de las manos y de los pies, con el fin de lograr las posturas naturales, es decir, las posiciones del tronco, de los brazos y de las piernas que no generen esfuerzos estáticos, y los movimientos naturales indispensables en un trabajo eficaz. Es por lo tanto imprescindible que el puesto de trabajo se adapte a las dimensiones del trabajador.

Para el dimensionamiento del espacio de trabajo se selecciono el percentil debido a que nuestra población es pequeña se realizo el cálculo, en caso de tener una población sumamente graden se puede adoptar percentiles de países con población de características similares a la nuestra.

##### **4.1.6.2 DETERMINACIÓN DEL PERCENTIL PARA LAS 8 PERSONAS INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Los datos de las estaturas son tomadas de las 8 personas que están directamente involucradas en el proyecto, las cuales se enlista su rango militar su función en tabla siguiente:

Tabla N° 4.36: Estaturas del personal que operan en la estación de control.

Ítems	Nombres y rango militar	Función	Estatura (cm)	Peso (kg)
1	Mayor. Lenin Jara	Telecomunicación	175	75
2	Mayor. Paúl Armas	Radio control	180	85
3	Capitán. Víctor Enriques	Control de energía	170	70
4	Capitán. Hugo Fonseca	Control de videos	174	77
5	Sargento. Edison Pilco	Operador	168	80
6	Sargento. Paúl Panchi	Control de equipos	170	63
7	Ing. Hugo Loya	Piloto de estación en tierra	169	78
8	Ing. Rafael Mesías	Control de cámaras	172	87

Fuente: Realizado por el Autor

**a) Cálculo del percentil de estaturas**

Tabla N° 4.37: Datos para el cálculo del percentil de estatura.

Número de muestra (N)	Estatura Máxima (X <sub>máx</sub> )	Estatura mínima (X <sub>mín</sub> )	Rango (R=X <sub>máx</sub> -X <sub>mín</sub> )	Marca de clase (m=1+3.3log(N))	Intervalo (C=R/m)
8	180	168	12	4	3

Fuente: Realizado por el Autor

Tabla N° 4.38: Cálculo del percentil según las estaturas.

X (cm)	Frecuencia (f)	Frecuencia acumulada (fa)	Frecuencia acumulada al punto medio (fam)	Percentil (P%)
168-170,99	4	4	2	25
171-173,99	1	5	4,5	56
174-176,99	2	7	6	75
177-179,99	1	8	7,5	95

Fuente: Realizado por el Autor

**b) Determinación de las estaturas para los percentiles descritos en la tabla anterior mediante la siguiente expresión:**

$$E = (E_{x-1}) + \frac{P_{25} * n}{100} - f_{a-1} \qquad E = 167,99 + \frac{25 * 8}{100} - 0$$

$$E = 170\text{cm}$$

$$E = 173,99 + \frac{75 * 8}{100} - 5$$

$$E = (E_{x-1}) + \frac{P_{56} * n}{100} - f_{a-1}$$

$$E = 175\text{cm}$$

$$E = 170,99 + \frac{56 * 8}{100} - 4$$

$$E = (E_{x-1}) + \frac{P_{95} * n}{100} - f_{a-1}$$

$$E = 172\text{cm}$$

$$E = 176,99 + \frac{95 * 8}{100} - 7$$

$$E = (E_{x-1}) + \frac{P_{75} * n}{100} - f_{a-1}$$

$$E = 179\text{cm}$$

Tabla N° 4.39: Resultados de las estaturas obtenidas según el percentil.

N° Personas	Promedios (cm)	Valor Percentiles (cm)	Percentil (%)
1	178,5	179	95
2	175,5	175	75
1	172,5	172	56
4	169,5	170	25

Fuente: Realizado por el Autor

### c) Cálculo del percentil de pesos

Tabla N° 4.40: Datos para el cálculo del percentil de peso.

Número de muestra (N)	Peso Máxima (Xmáx)	Peso mínima (Xmín)	Rango (R=Xmáx-Xmín)	Marca de clase (m=1+3.3log(N))	Intervalo (C=R/m)
8	87	63	24	4	6

Fuente: Realizado por el Autor

Tabla N° 4.41: Cálculo del percentil según los pesos.

X (kg)	Frecuencia (f)	Frecuencia acumulada (fa)	Frecuencia acumulada al punto medio (fam)	Percentil (P%)
63-68,99	1	1	0,5	6
69-74,99	1	2	1,5	19
75-80,99	4	6	4	50
81-86,77	2	8	7	95

Fuente: Realizado por el Autor

d) Determinación de los pesos para los percentiles descritos en la tabla anterior mediante la siguiente expresión:

$$M = (M_{x-1}) + \frac{P_{25} * n}{100} - f_{a-1}$$

$$M = 62,99 + \frac{25 * 8}{100} - 0$$

$$M = 64,99\text{kg}$$

$$M = (M_{x-1}) + \frac{P_{75} * n}{100} - f_{a-1}$$

$$M = 74,99 + \frac{75 * 8}{100} - 4$$

$$M = 78,99\text{cm}$$

$$M = (M_{x-1}) + \frac{P_{56} * n}{100} - f_{a-1}$$

$$M = 74,99 + \frac{56 * 8}{100} - 2$$

$$M = 77,47\text{cm}$$

$$M = (M_{x-1}) + \frac{P_{95} * n}{100} - f_{a-1}$$

$$M = 80,99 + \frac{95 * 8}{100} - 6$$

$$M = 82,59\text{cm}$$

Tabla N° 4.42: Resultados de los pesos obtenidas según el percentil.

N° Personas	Promedios (kg)	Valor Percentiles (kg)	Percentil (%)
2	83,9	82,59	95
4	78	78,99	75
1	72	77,47	56
1	66	64,99	25

Fuente: Realizado por el Autor

Tabla N°4.43: Medidas corporales de los operadores con percentil 95.

Designación	Percentil (P95)
<b>Dimensiones parado</b>	
Estatura	179
Alcance asimiento vertical	213
Alcance lateral brazo	83
Altura codo	117,9
Profundidad máxima cuerpo	31,8
Alcance punto dedo	78,7
Altura ojo del pies	168



<b>Dimensiones sentado</b>	
Altura alcance vertical sentado	128,1
Altura muslo	17
Altura ojo sentado	84
Hombros	43
Altura mitad hombro sentado	66,3
Altura codo reposo	28
Altura poplítea	46
Altura rodilla	57
Nalga poplíteo	51
Nalga rodilla	61
Nalga punta del pie	78
Nalga pierna	112,5
Ancho caderas	39
Anchura codo-codo	52

Fuente: Realizado por el Autor

#### 4.1.6.3 POSICIÓN DE CONFORT

##### a) Puesto de trabajo sentado

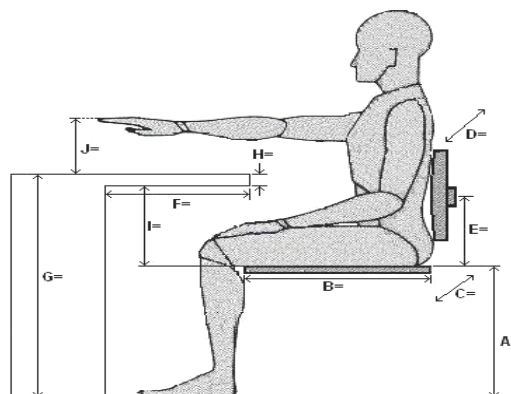


Figura N° 4.12: Puesto de trabajo sentado.

(Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería. (2009). Diseño antropométrico de puestos de trabajo.)

Tabla N°4.44: Dimensiones para el puesto de trabajo sentado.

Designación		Dimensiones (cm) según normas
A	Altura del asiento	35-52
B	Profundidad el asiento	38-40
C	Ancho del asiento	40-45
D	Ancho del respaldo	30-35
E	Altura del soporte lumbral	20-30
F	Espacio para las piernas	70
G	Altura de la superficie de trabajo	74-78
H	Grosor de la superficie de trabajo	No mayor a 3
I	Espacio para los muslos	23-36
J	Altura máxima para controles de uso frecuente	25-29,5

**Fuente:** Escuela Colombiana de Ingeniería. (2009). Diseño antropométrico de puestos de trabajo.

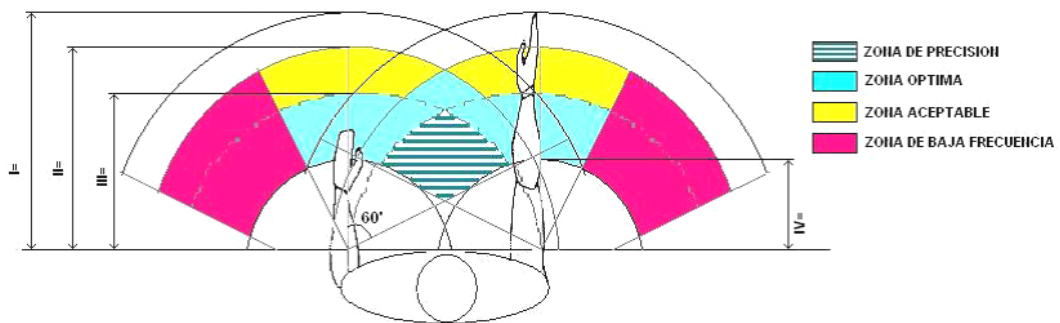


Figura N° 4.13: Área de trabajo.

**(Fuente:** Escuela Colombiana de Ingeniería. (2009). Diseño antropométrico de puestos de trabajo.)

Tabla N°4.45: Dimensiones para el área de trabajo.

Designación		Dimensiones (cm) según normas
I	Alcance máximo	50
II	Alcance máximo de agarre	25
III	Alcance mínimo	20
IV	Alcance normal	10

**Fuente:** Escuela Colombiana de Ingeniería. (2009). Diseño antropométrico de puestos de trabajo.

## b) Ángulos de confort

Los ángulos de confort buscan limitar los movimientos, es decir, no los toman en los límites máximos de giro articular, sino dentro de los límites de la confortabilidad del movimiento, para evitar las molestias y el aumento del cansancio.

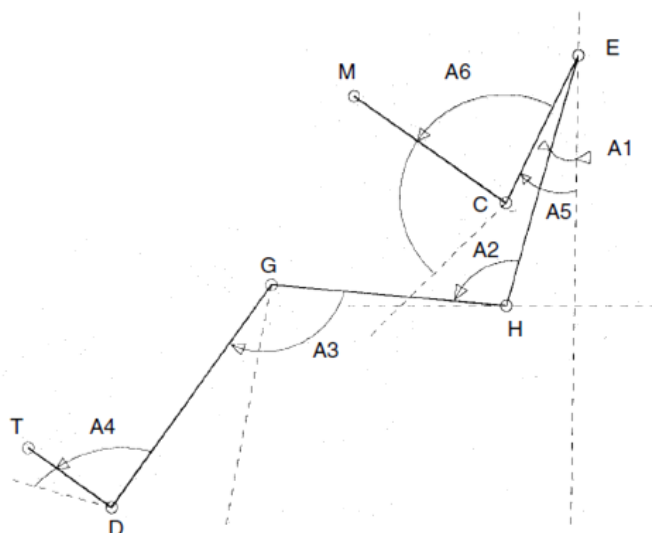


Figura N° 4.14: Ángulos de confort.

(Fuente: Melo, J. (2009). Ergonomía practica.)

Tabla N°4.46: Ángulos de confort.

Designación		Ángulos (Grados) según normas
A1	Vertical/segmento hombre-cadera.	10-20
A2	Segmentos: hombre-cadera/cadera rodilla.	90-110
A3	Segmentos: rodilla-cadera/rodilla-tobillo.	95-120
A4	Segmentos: rodilla-tobillo/recta paralela a la planta del pie.	90-110
A5	Segmentos: hombre-codo/vertical por el hombro.	15-35
A6	Segmentos: hombro-codo/codo-puño.	80-160

Fuente: Melo, J. (2009). Ergonomía practica.

## b) Ángulos de visión para puesto de trabajo con pantallas

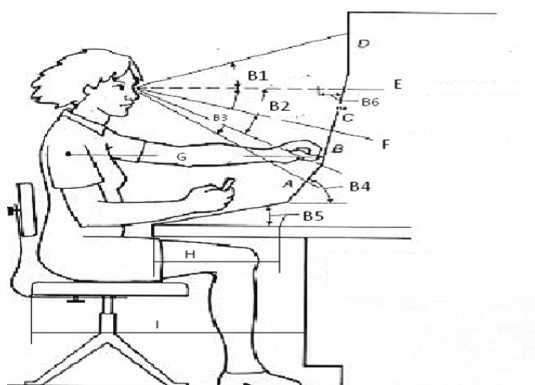


Figura N° 4.15: Ángulos de visión al tablero de mando.

(Fuente: NTP 226. (1989). Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad.)

Tabla N°4.47: Ángulos de visión al tablero de mando.

Designación		Ángulos (Grados) según normas
B1	Rotación máxima de ojo positivo.	0-25
B2	Rotación óptima del ojo.	0-30
B3	Rotación máxima de ojo negativo.	0-35
B4	Rotación de la primera pantalla.	20-50
B5	Rotación del teclado o tablero de anotaciones.	0-15
B6	Rotación de la última pantalla.	0-20
E	Línea de visión horizontal.	0
F	Línea de visión normal.	15
G	Distancia máxima del hombro al B.	100cm
H	Distancia mínima del tablero de anotaciones.	35cm
I	Distancias mínima nalga pared tablero de anotaciones.	65cm
A	Displays-controles.	
B	Displays controles arriba.	
C	Displays de emergencia controles arriba.	
D	Display de referencia.	

Fuente: Melo, J. (2009). Ergonomía practica.

#### 4.1.6.4 DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS EN LA EMCT

Según los requerimientos solicitados por el centro adjuntos en el anexo, consta de tres áreas citadas a continuación:

- Área de equipos.
- Área de trabajo.
- Área de bodega.

Estos deben estar distribuidos de forma lógica para su ahorro de espacio, para lo cual se utilizó la distribución por grupos autónomos de trabajo que se menciona en el capítulo dos numeral 2.1.2.12.

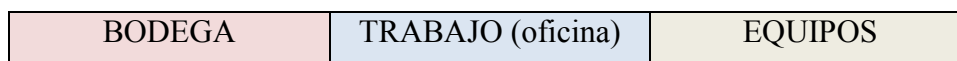


Figura N° 4.13: Distribución de áreas.

Fuente: Realizado por el Autor.

#### 4.1.6.5 DETERMINACIÓN DEL EQUIPAMIENTO Y LOS MUEBLES DE LA EMCT PARA LAS TRES ÁREAS

Tabla N° 4.48: Equipamiento de la EMCT.

ELEMENTOS	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
<b>Área de quipos</b>	
Rack	Altura: 1800mm, Ancho: 600mm, Profundidad: 1000mm
Caja centralizada de conexiones eléctricas	Una caja centralizada de conexiones eléctricas de 12, 110 y 220V con sus respectivos breques térmicos, fusibles y relays que servirá para un fácil control y mantenimiento de los circuitos eléctricos, instalaciones eléctricas de doble vía para la iluminación y los equipos que puedan funcionar con la corriente externa de la red urbana o el generador eléctrico.
Aire acondicionado 18,000btu/h – 220v	Estará ubicado un evaporador de 9000btu/h tipo pared de 1085x191x300mm
Estructura baterías	Base para 3 baterías, de material indicada en la caja centralizada de conexiones eléctricas, de 620x700x480mm

<b>Área de trabajo oficina</b>	
Mueble para las pantallas	Construcción de un mueble estantería especial de 1,8m de alto por 2.1 m de ancho ubicado en la parte lateral de la estación, servirá como soporte para ubicación de 8 pantallas de 22", teclados, radios, DVD, jostin, radio control.
Asientos	3 Asientos giratorios y corredizos anclados al piso del furgón instalados convenientemente, la estructura será fabricada de acero pintado color negro, asiento y espaldar tapizado en corosil color negro.
Ventiladores	Instalación de 1 ventilador pequeños de 110V, estos sirven para direccionar el flujo del aire acondicionado.
Aire acondicionado 18,000btu/h – 220v	Estará ubicado un evaporador de 9000btu/h tipo pared de 1085x191x300mm
<b>Área de bodega</b>	
Mueble modular	Construcción e instalación de mueble de 1.3 m de alto, 1.8m de largo, 0.6m de ancho, convertible en 2 literas de una plaza, con puerta corrediza para convertirse en pequeña bodega en la parte inferior, El material acero galvanizado compuesto de columnas de tubos rectangulares de 50x25x2mm, vigas de hierro angular de 25x25x4mm, plancha de madera de 20mm de espesor.
Estantería	Construcción de una estantería tipo closet con tres divisiones internas que sirvan para guardar herramientas mecánicas, eléctricas y electrónicas, Que va sobre la base del generador de 1.2 m de alto, 0.6m de ancho, 1m de largo.
Generador eléctrico	Generador marca Powermate modelo PM12500 Potencia 12.500 W, cilindrada del motor 653cc tipo de motor OHV Potencia del motor 22HP, encendido eléctrico combustible utilizado a gasolina. Peso: 336lbs. Alto: 72cm. Ancho: 52.8 cm. Largo: 93.6cm.

**Fuente:** Realizado por el Autor.

#### 4.1.6.6 DIMENSIONAMIENTO DE CADA UNA DE LAS ÁREAS

##### a) Área de equipos

Tabla N° 4.49: Área de equipos.

<b>Designación</b>	<b>Dimensiones (metros)</b>	<b>Observaciones</b>
Alto	1,8	Se tomo como referencia la altura del rack, la estatura del operador.
Ancho	2,2	Se tomo como referencia la profundidad del rack más la distancia que ocupa al abrir la puerta, la distancia a la que se debe colocar la caja centralizada del rack que es como mínimo de 1 metro para evitar interferencia y la distancia del evaporador.
Largo	1,35	Se tomo como referencia el ancho del rack, el ancho de la estructura de baterías, mas las distancias que ocupan para abrir las puertas y lo más importante el largo del evaporador de pared.

Fuente: Realizado por el Autor.

##### b) Área de trabajo oficina

Tabla N° 4.50: Área de trabajo oficina.

<b>Designación</b>	<b>Dimensiones (metros)</b>	<b>Observaciones</b>
Alto	1,8	Se tomo como referencia la altura del mueble para las pantallas, la estatura del operador.
Ancho	2,2	Se tomo como referencia la medida del operador sentado nalga pierna frente al mueble para las pantallas mas la distancia de separación de la silla a la pared.
Largo	2,1	Se tomo como referencia la distribución del número de pantallas en el mueble, mas el ancho de luz que debe haber para que el operador mueva sus piernas dentro del mueble.

Fuente: Realizado por el Autor.

### c) Área de bodega

Tabla N° 4.51: Área de bodega.

<b>Designación</b>	<b>Dimensiones (metros)</b>	<b>Observaciones</b>
Alto	1,8	Se tomo como referencia la altura del generador más la estantería que va sobre el generador, más la estatura de los trabajadores, y la altura del mueble modular.
Ancho	2,2	Se tomo como referencia el ancho del generador, el ancho de la puerta, el ancho del mueble modular.
Largo	1,9	Se tomo como referencia el largo del mueble modular ya que esta se debe cumplir como una litera para la estatura de una persona.

**Fuente:** Realizado por el Autor.

### d) Área total requerida para la EMCT

Una vez realizada la distribución de los equipos solicitados por el CID-FAE para cada área con sus respectivas dimensiones y tomando en cuenta un percentil P95 para el personal, se requiere una EMCT de las siguientes dimensiones:

Tabla N° 4.52: Área requerida para la EMCT.

<b>Designación</b>	<b>Dimensiones (metros)</b>
Alto	1,8
Ancho	2,2
Largo	5,5

**Fuente:** Realizado por el Autor.

Estas dimensiones no incluye el área de la cabina por lo que se debe buscar un chasis que cumpla con el requerimiento de las aéreas incluidas del conductor.



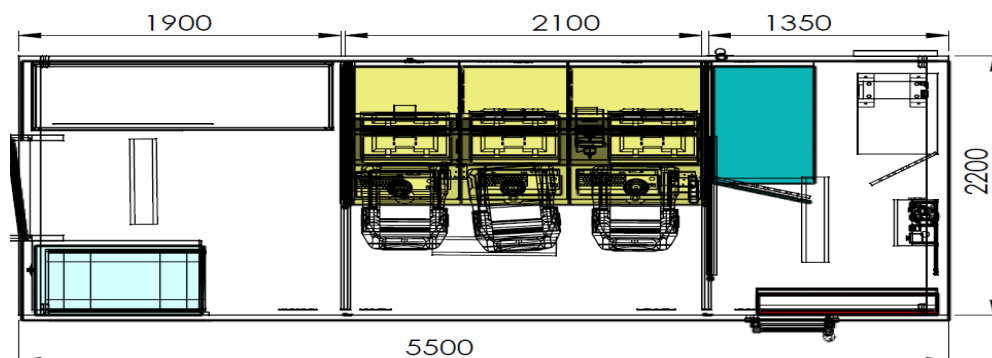


Figura N° 4.16: Dimensionamiento de las áreas.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

#### 4.1.6.7 SELECCIÓN DEL TIPO DE VEHÍCULO

Según lo solicitado por la entidad y el espacio requerido para las áreas el tipo de chasis que abarca estas peticiones es el de VOLKSWAGEN 9-150 con una distancia entre ejes de 4300mm entrando en el tipo minibús seleccionado de la norma RTE INEN041 que es una norma para vehículos de transporte escolar, el diseño se lo realizara mediante esta normativa.

Tabla N°2.53: Clasificación de los vehículos de transporte escolar.

Denominación	Distancia entre ejes
Furgoneta	Hasta 3 200 mm inclusive
Minibus	Mayor a 3 200 mm y menor a 5 000 mm
Bus	Mayor o igual a 5 000 mm

(Fuente: RTE INEN 041. Vehículo de transporte escolar. Pag. 5)

#### 4.1.6.8 APLICACIÓN DEL MÉTODO SLP, (PLANIFICACIÓN SISTEMÁTICA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA)

##### a) Diagrama de proceso para las pruebas de vuelo

Se detalla las operaciones necesarias para realizar las pruebas de vuelo.

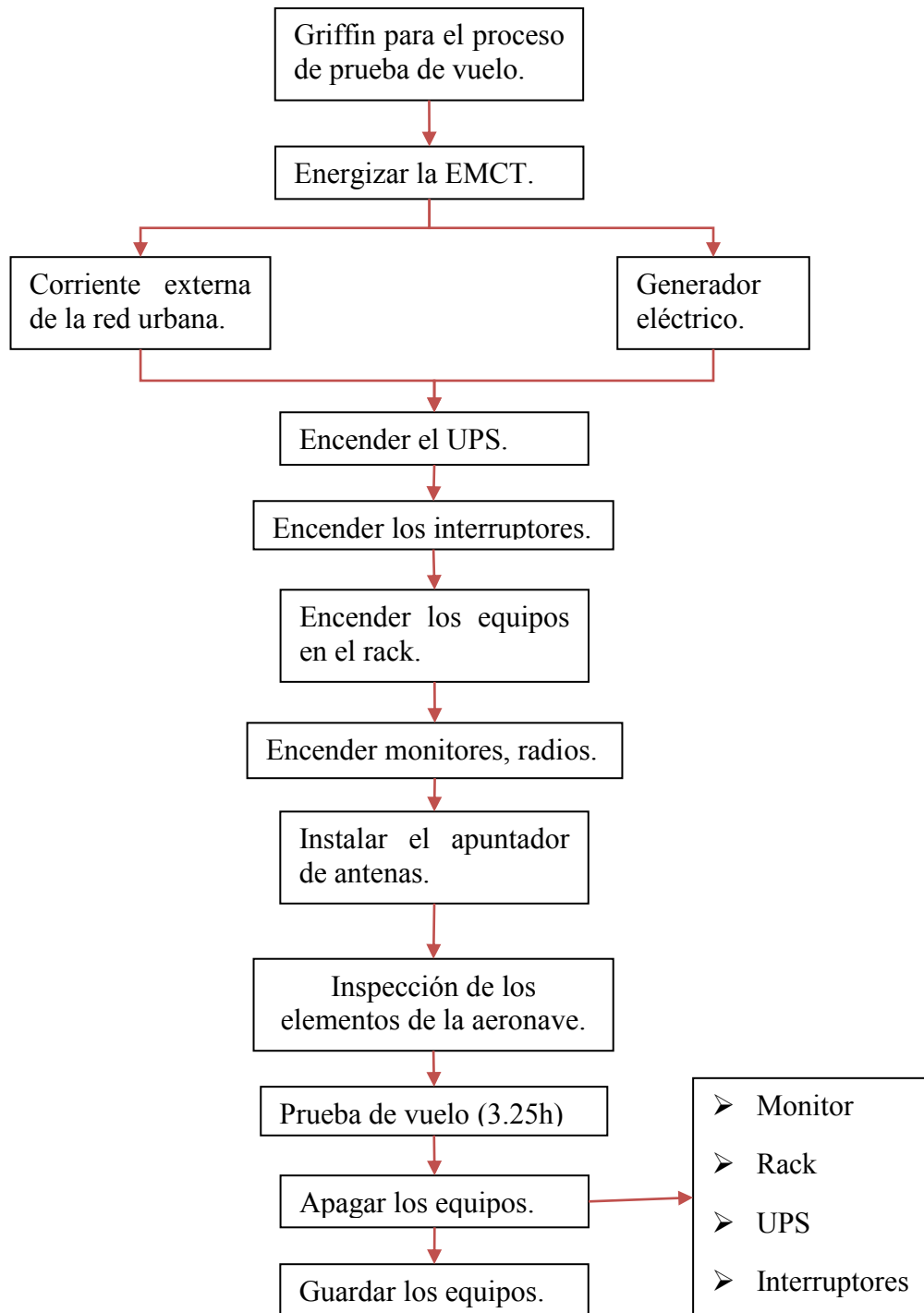


Figura N° 4.17: Diagrama.  
**(Fuente:** Realizado por el autor.)

## b) Ficha de datos del recorrido

Tabla N° 4.54: Datos del recorrido del personal para pruebas de vuelo.

Acto	Icono	Descripción	Dist. (m)	Cant. (uds)	N° trab.	Tiempo (h)
1	Servicios	Charla para establecer la ruta de vuelo.	-	1	1	0,25
2	Operación	Conectar el cable de la corriente de la red urbana a la EMCT.	8	1	1	0,03
3	Operación	Encender el UPS.	1,5	1	1	0,016
4	Operación	Encender los interruptores.	1,5	6	1	0,016
5	Operación	Encender los equipos del Rack.	1,5	4	1	0,016
6	Operación	Encender los monitores, radios.	1,8	10	1	0,03
7	Espera	Tiempo de espera a que se carguen los equipos.	-	-	-	0,083
8	Transporte	Sacar el apuntador del cuarto de herramientas.	8	1	1	0,016
9	Operación	Instalar el apuntador en la parte exterior de la EMCT.	8	1	1	0,066
10	Inspección	Revisión de los equipos de la aeronave	-	5	4	0,5
10	Operación	Control de los sistemas en tierra (carreteo).	-	1	6	0,25
11	Operación	Control de los sistemas en vuelo.	-	1	6	0,5
12	Espera	Tiempo de espera de la descarga de datos.	-	1	6	0,33
13	Operación	Apagado monitor, rack, UPS, interruptores.	2	1	1	0,083
14	Almacenaje	Guardar los equipos.	8	-	1	0,083

Fuente: Realizado por el Autor.

### c) Diagrama de recorrido sencillo

De la anterior tabla se obtiene el siguiente diagrama de recorrido:

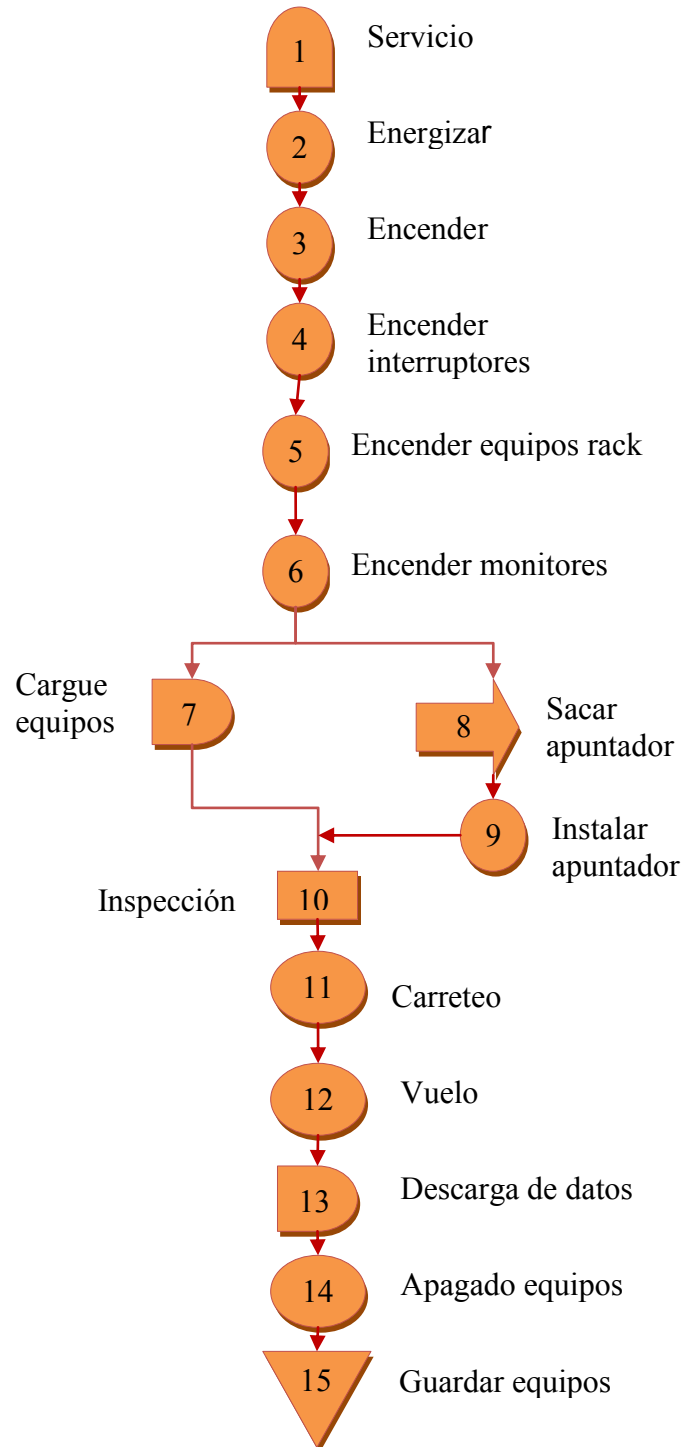


Figura N° 4.18: Diagrama de recorrido sencillo.

(Fuente: Realizado por el autor.)

#### d) Tabla de relación de actividades

En esta Tabla se representa la convención o no de que las operaciones estén más o menos separadas, también mediante esta tabla se refleja las actividades y sus relaciones mutuas, se lo realiza debido a lo siguiente:

- Utilizan la misma información.
- Comparten el mismo personal.
- Comparten el mismo espacio.
- Necesidad de comunicación personal.
- Necesidad de comunicación a través de documentos.
- Secuencia del flujo de trabajo.
- Realizan trabajos similares.

Tabla N° 4.55: Tabla de relación de actividades.

<b>1.Servicio</b>								
<b>2.Energizar</b>	<b>A</b>							
<b>3.Encendido interruptores</b>	<b>I</b>	<b>U</b>						
<b>4.Encendido de equipos</b>	<b>U</b>	<b>E</b>	<b>E</b>					
<b>5.Controles de carreteo</b>	<b>A</b>	<b>U</b>	<b>A</b>	<b>U</b>				
<b>6.Controles de Vuelo</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>A</b>	<b>A</b>			
<b>7.Herramientas</b>	<b>O</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>U</b>		
<b>8. Instalación apuntador.</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>E</b>	
	<b>1.Servicio</b>	<b>2.Energizar</b>	<b>3.Encendido interruptores</b>	<b>4.Encendido de equipos</b>	<b>5.Controles de carreteo</b>	<b>6.Controles de Vuelo</b>	<b>7.Herramientas</b>	<b>8. Instalación apuntador</b>

Fuente: Realizado por el Autor.

Asimismo se valora la necesidad de la cercanía entre procesos mediante la codificación siguiente:

Tabla N° 4.56: Cuantificación de proximidad entre actividades.

Valor	Proximidad	Color
A	Absolutamente necesaria.	
E	Especialmente importante.	
I	Importante.	
O	Ordinaria.	
U	Sin importancia.	
X	No deseable.	
XX	Altamente indeseable.	

Fuente: Manual 19. Centros Europeos de Empresas Innovadoras. (2008).Distribución en planta.

#### e) Diagrama relacional de recorridos-actividades

De la tabla 6.2 de relación de actividades se puede constituir el siguiente diagrama:

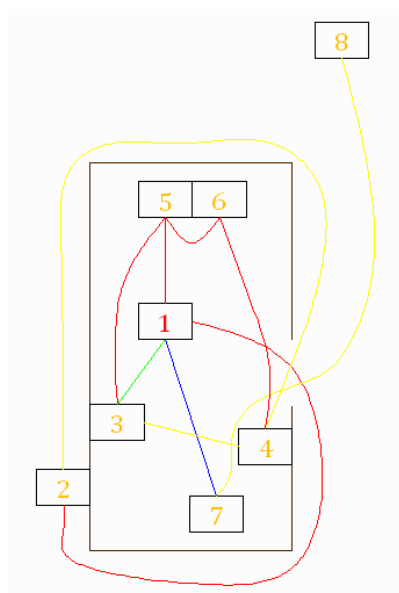


Figura N° 4.19: Diagrama de recorrido de la EMCT actual.

(Fuente: Realizado por el autor.)

## f) Soluciones de configuraciones

Tomando los datos del capítulo 4 de las áreas, tomando en consideración la necesidad de espacios de cada componente y operación, además de la ubicación de las puertas y la necesidad de la luz natural en cada área se realiza las siguientes propuestas de distribución de espacios internos para el diseño de la estación de mando y control.

### ➤ Solución 1

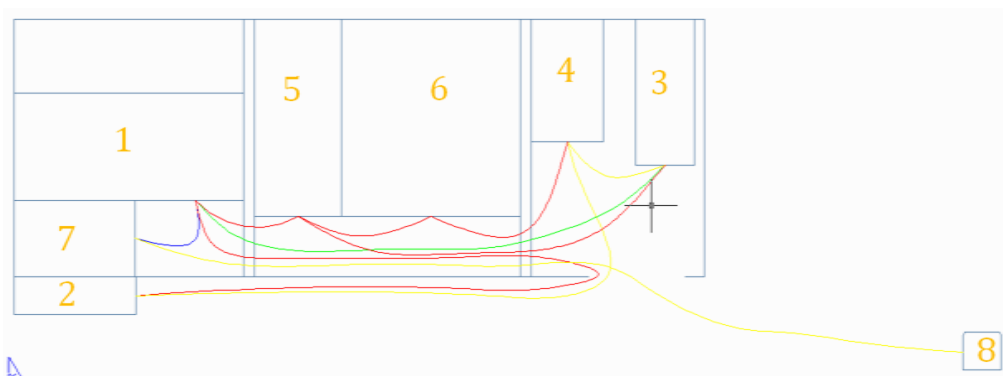


Figura N° 4.20: Diagrama de recorrido de la EMCT solución 1.

(Fuente: Realizado por el autor.)

### ➤ Solución 2

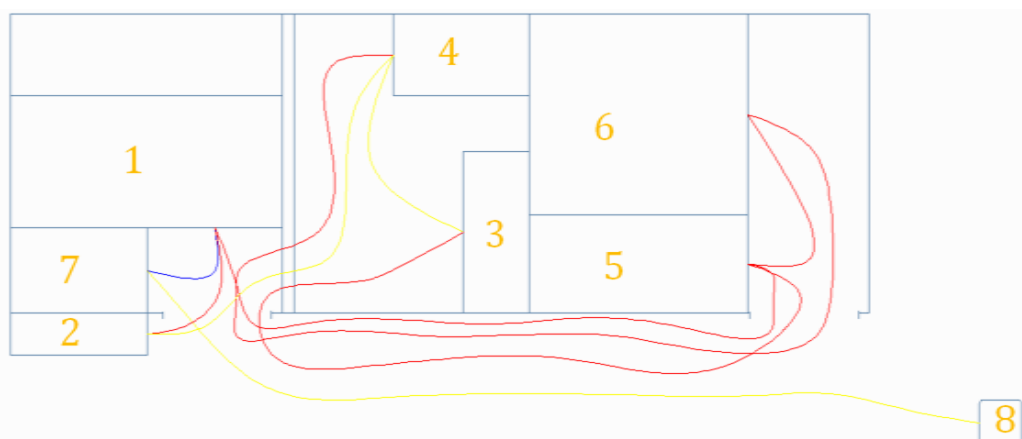


Figura N° 4.21: Diagrama de recorrido de la EMCT solución 2.

(Fuente: Realizado por el autor.)

➤ Solución 3

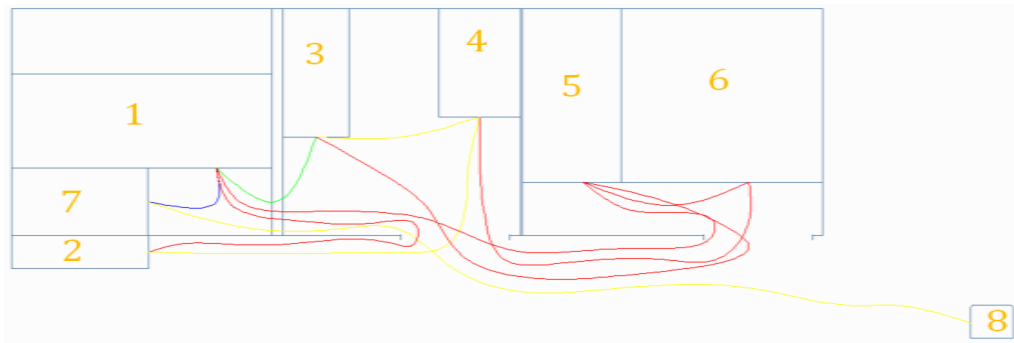


Figura N° 4.22: Diagrama de recorrido de la EMCT solución 3.

(Fuente: Realizado por el autor.)

➤ Solución 4

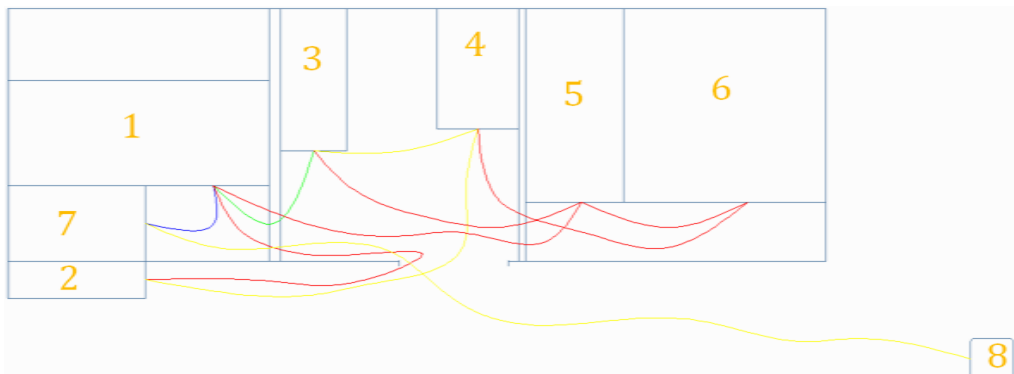


Figura N° 4.23: Diagrama de recorrido de la EMCT solución 4.

(Fuente: Realizado por el autor.)

#### 4.1.6.9 SELECCIÓN DE LA MEJOR CONFIGURACIÓN MEDIANTE PONDERACIÓN

Luego de haber realizado varias posibles soluciones se procede a seleccionar la distribución definitiva, para ello se realiza una selección multicriterio, que consiste en valorar cada una de las soluciones desde el punto de vista de varios criterios, estos fueron seleccionados del manual de CEEI CV la cual presenta el siguiente listado:

- “Facilidad de futura expansión.



- Adaptabilidad ante los cambios.
- Eficiencia del recorrido de los productos.
- Eficiencia del transporte interno.
- Utilización de la mano de obra.
- Eficiencia del almacenaje.
- Utilización de la superficie.
- Seguridad.
- Ergonomía.
- Facilidad de supervisión y control.
- Imagen y prestigio.
- Problemas de conservación.
- Adaptación a la estructura general de la empresa.
- Utilización de los equipos.
- Capacidad suplementaria de fabricación.
- Tiempo de adaptación a la demanda.”<sup>[47]</sup>

De este listado se eligieron los siguientes factores para la puntuación de cada una de las soluciones, según cada factor de evaluación de 0 a 10 que se recoge en la siguiente tabla:

Tabla Nº 4.57: Selección de soluciones mediante decisiones multicriterio.

Factores	Peso (%)	Soluciones			
		1	2	3	4
Adaptabilidad ante los cambios	10	5	7	6	7
Eficiencia de recorrido	5	3	8	7	5
Eficiencia de transporte	15	4	10	6	7
Seguridad	20	6	9	9	9
Ergonomía	40	8	10	10	10
Utilización de los equipos	10	7	8	8	7
<b>VALORACIÓN</b>		<b>6,35</b>	<b>9,2</b>	<b>8,45</b>	<b>8,5</b>

Fuente: Realizado por el Autor.

---

<sup>47</sup> Manual de CEEI CV. (2008). Distribución en planta 19. Valencia.

Según los factores elegidos para la valoración de las propuestas, la mejor solución es el 2 debido a que su recorrido interno es más corto, el acceso a los equipos es de mayor facilidad y la conexión entre ellos se ve que se puede realizar sin ninguna complicación, este análisis también permite evidenciar que en caso de necesidad para adaptar un equipo o un sistema se lo puede realizar sin mayor complicación, en cuanto a la ergonomía cumple con lo establecido en los capítulos anteriores, y cada área ocupa espacios necesarios de esta manera no existe pérdidas de zonas.

#### **4.1.7 EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE LA CONFIGURACIÓN SELECCIONADA PARA EL DISEÑO SEGÚN EL MÉTODO REBA**

##### **a) Datos del puesto**

**Identificador del puesto:** Estación de Mando y Control en Tierra (EMCT) según la solución dos.

**Descripción:** Monitoreo y control de los sistemas de los aviones no tripulados.

**Departamento/Área:** Guiado de navegación y control.

**Sección:** Telecomunicación.

##### **Observaciones:**

La evaluación se lo realizara en el lado derecho e izquierdo del cuerpo, para la cual se tomo datos del plano de corte del anexo con la ayuda de los galigos para la ubicación de cada posición en la que la mayor parte del tiempo se encuentran los operadores durante las pruebas de vuelo.

## b) Introducción de la información

### Análisis en el lado derecho según el literal 2.1.2.34.

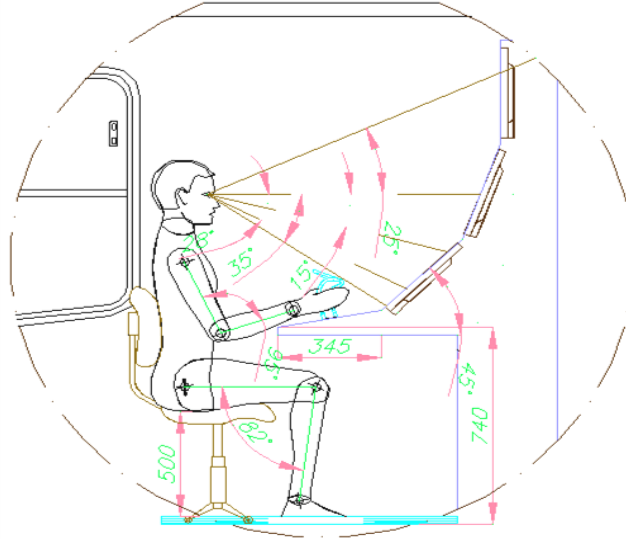


Figura N° 4.24. Evaluación ergonómica lado derecho EMCT solución óptima.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

**Grupo A:** Tronco, cuello y piernas.

#### **Posición del tronco.**

(1) Postura sentada, bien apoyado y con un ángulo tronco-caderas  $>90^\circ$ .

#### **Posición del cuello.**

(1) El cuello está entre 0 y 10 grados de flexión.

(1) El cuello está lateralizado.

#### **Posición de las piernas**

(1) El trabajador está sentado con las piernas y pies bien apoyados.

**Grupo B:** Brazo, antebrazo y muñeca.

### Posición del brazo

(3) El brazo está entre 46 y 90 grados de flexión.

(-1) La carga no está soportada sólo por el brazo sino que existe un punto de apoyo.

### Posición del antebrazo

(1) El antebrazo está entre 60 y 100 grados de flexión.

### Posición de la muñeca

(2) La muñeca está entre 0 y 15 grados de flexión o extensión.

### Puntuación en tablas

Una vez obtenida la puntuación del grupo A se procede a obtener el valor denominado puntuación A de la tabla siguiente:

Tabla N°4.58: Puntuación inicial para el grupo A.

Tabla A												
Cuello	Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Fuente: NTP 601. Método REBA.

La puntuación de la tabla A es 2, no se añade ninguna puntuación de carga o fuerza debido a que es menor a 2kg y se realiza intermitentemente.

De la misma forma obtenida la puntuación del grupo B se procedió a obtener el valor denominado puntuación B de la tabla siguiente:

Tabla N°4.59: Puntuación inicial para el grupo B.

TABLA B		Antebrazo					
		1			2		
Muñeca		1	2	3	1	2	3
Brazo	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Fuente: NTP 601. Método REBA.

Para el tipo de agarre se observa el tipo de tarea que realiza el trabajador y se obtiene la siguiente puntuación:

Tabla N°4.60: Puntuación del tipo de agarre.

Puntos	Posición
+0	<b>Agarre Bueno</b> El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio.
+1	<b>Agarre Regular</b> El agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo.
+2	<b>Agarre Malo</b> El agarre es posible pero no aceptable.
+3	<b>Agarre Inaceptable</b> El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo.

Fuente: NTP 601. Método REBA.

La puntuación de la tabla B es 2, se suma el tipo de agarre que es cero la cual el total es 2, con la puntuación A y B se obtuvo la puntuación final combinada de la tabla siguiente:

Tabla N°4.61: Puntuación C en función de las puntuaciones A y B.

Tabla C												
Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

(Fuente: NTP 601. Método REBA.

Para la puntuación final mediante la observación al trabajador se obtiene la puntuación para el tipo de postura de la siguiente tabla:

Tabla N°4.62: Puntuación del tipo de actividad muscular.

Puntos	Actividades
+1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de un minuto.
+1	Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar).
+1	Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables.

Fuente: NTP 601. Método REBA.

La puntuación final se obtiene al sumar la puntuación de la tabla C más el tipo de actividad con lo cual nos da  $2+1=3$ , con este valor se obtiene el nivel de riesgo como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla N°4.63: Niveles de actuación según la puntuación final obtenida.

Puntuación Final	Nivel de Acción	Nivel de Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2-3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4-7	2	Medio	Es necesaria la actuación
8-10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11-15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Fuente: NTP 601. Método REBA.

### Flujo de obtención de puntuación

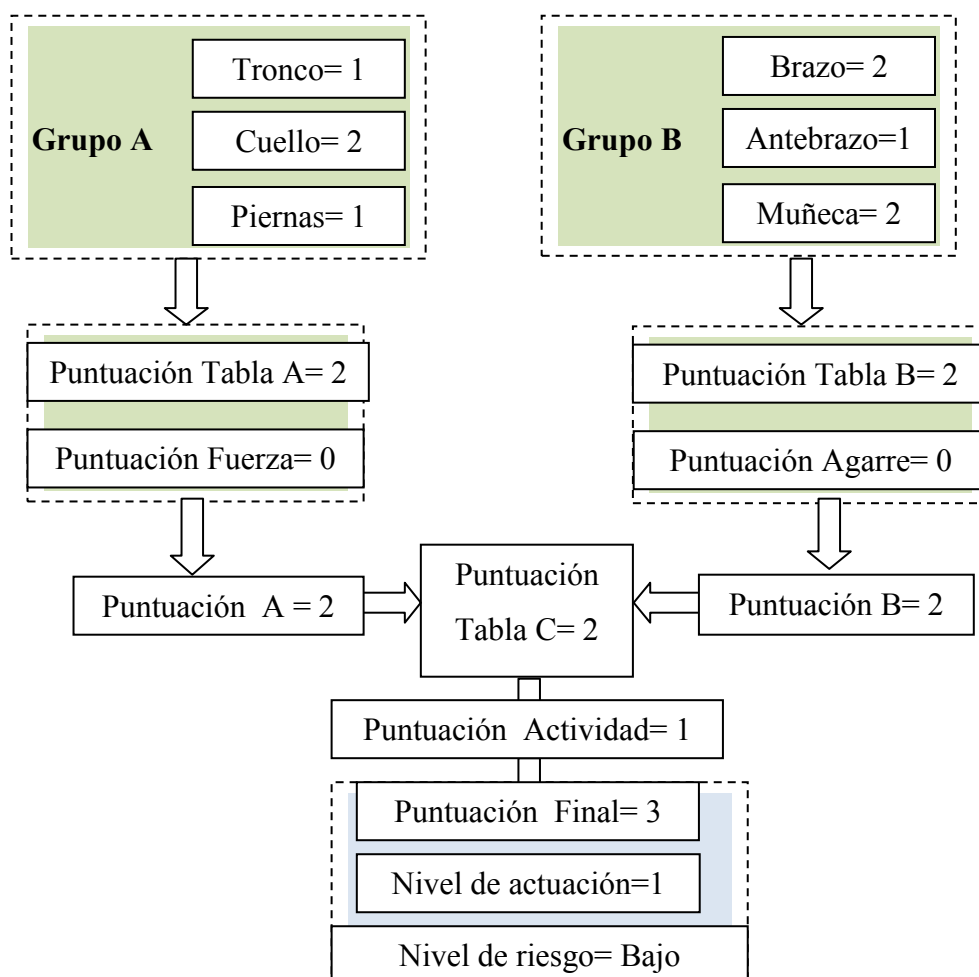




Figura N° 4.25: Flujo de obtención de puntuaciones en el método lado derecho EMCT solución optima.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

Tabla N° 4.21: Resultado de la evaluación del puesto de trabajo lado derecho EMCT selección optima de diseño.

 <b>MÉTODO: REBA</b>		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA</b>					 <b>REG: EMCT-004</b> <b>ESTUDIO N°: 2</b>	
		<b>Puesto de trabajo:</b> Estación de Mando y Control en Tierra propuesta de diseño.  <b>Descripción:</b> Monitoreo y control de los sistemas de los aviones no tripulados.						
<b>Norma:</b> Norma NTP 601.			<b>Lado a evaluar:</b> Derecho (Selección optima).			<b>Fecha:</b> 8/1/2013		
Grupo A	Puntaje A	Grupo B	Puntaje B	Puntaje C	Puntaje final	Nivel de actuación	Nivel de riesgo	Acción
Tronco	1	Brazo	2	2	3	1	Baja	Puede ser necesaria la actuación.
Cuello	2	Antebrazo	1					
Piernas	1	Muñeca	2					
Puntuaciones totales	2		2					

Fuente: Realizado por el Autor.



### Análisis en el lado izquierdo según el literal 2.1.2.34.

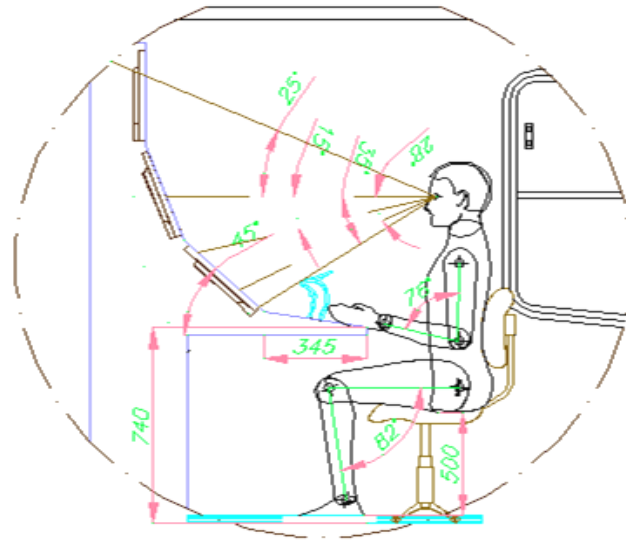


Figura N° 4.26. Evaluación ergonómica lado izquierdo EMCT solución optima.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

**Grupo A:** Tronco, cuello y piernas.

#### **Posición del tronco.**

(1) Postura sentada, bien apoyado y con un ángulo tronco-caderas  $>90^\circ$ .

#### **Posición del cuello.**

(1) El cuello está entre 0 y 10 grados de flexión.

#### **Posición de las piernas**

(1) El trabajador está sentado con las piernas y pies bien apoyados.

**Grupo B:** Brazo, antebrazo y muñeca.

#### **Posición del brazo**

(3) El brazo está entre 46 y 90 grados de flexión.

(-1) La carga no está soportada sólo por el brazo sino que existe un punto de apoyo.

**Posición del antebrazo**

(1) El antebrazo está entre 60 y 100 grados de flexión.

**Posición de la muñeca**

(1) La muñeca está en posición neutra respecto a flexión.

**Puntuación en tablas**

Una vez obtenida la puntuación del grupo A se procede a obtener el valor denominado puntuación A de la tabla siguiente:

Tabla N°4.64: Puntuación inicial para el grupo A.

Tabla A												
Cuello	Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9

Fuente: NTP 601. Método REBA.

La puntuación de la tabla A es 1, no se añade ninguna puntuación de carga o fuerza debido a que es menor a 2kg y se realiza intermitentemente.

De la misma forma obtenida la puntuación del grupo B se procedió a obtener el valor denominado puntuación B de la tabla siguiente:

Tabla N°4.65: Puntuación inicial para el grupo B.

TABLA B		Antebrazo					
		1			2		
Muñeca		1	2	3	1	2	3
Brazo	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Fuente: NTP 601. Método REBA.

Para el tipo de agarre se observa el tipo de tarea que realiza el trabajador y se obtiene la siguiente puntuación:

Tabla N°4.66: Puntuación del tipo de agarre.

Puntos	Posición
+0	<b>Agarre Bueno</b> El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio.
+1	<b>Agarre Regular</b> El agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo.
+2	<b>Agarre Malo</b> El agarre es posible pero no aceptable.
+3	<b>Agarre Inaceptable</b> El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo.

Fuente: NTP 601. Método REBA.

La puntuación de la tabla B es 1, se suma el tipo de agarre que es cero la cual el total es 2, con la puntuación A y B se obtuvo la puntuación final combinada de la tabla siguiente:

Tabla N°4.67: Puntuación C en función de las puntuaciones A y B.

Tabla C												
Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

(Fuente: NTP 601. Método REBA.

Tabla N°4.68: Puntuación del tipo de actividad muscular.

Puntos	Actividades
1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de un minuto.
1	Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar).
1	Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables.

Fuente: NTP 601. Método REBA.

La puntuación final se obtiene al sumar la puntuación de la tabla C más el tipo de actividad con lo cual nos da  $1+1=2$ , con este valor se obtiene el nivel de riesgo como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla N°4.69: Niveles de actuación según la puntuación final obtenida.

Puntuación Final	Nivel de Acción	Nivel de Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2-3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4-7	2	Medio	Es necesaria la actuación
8-10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11-15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Fuente: NTP 601. Método REBA.

Con este último valor se pudo determinar que la nueva selección de diseño a mejorado en las características ergonómicas, debido a que el nivel de riesgo es bajo y el nivel de actuación puede o no ser necesaria, por último los resultados se adjunto en el siguiente diagrama de flujo:

### Flujo de obtención de puntuación

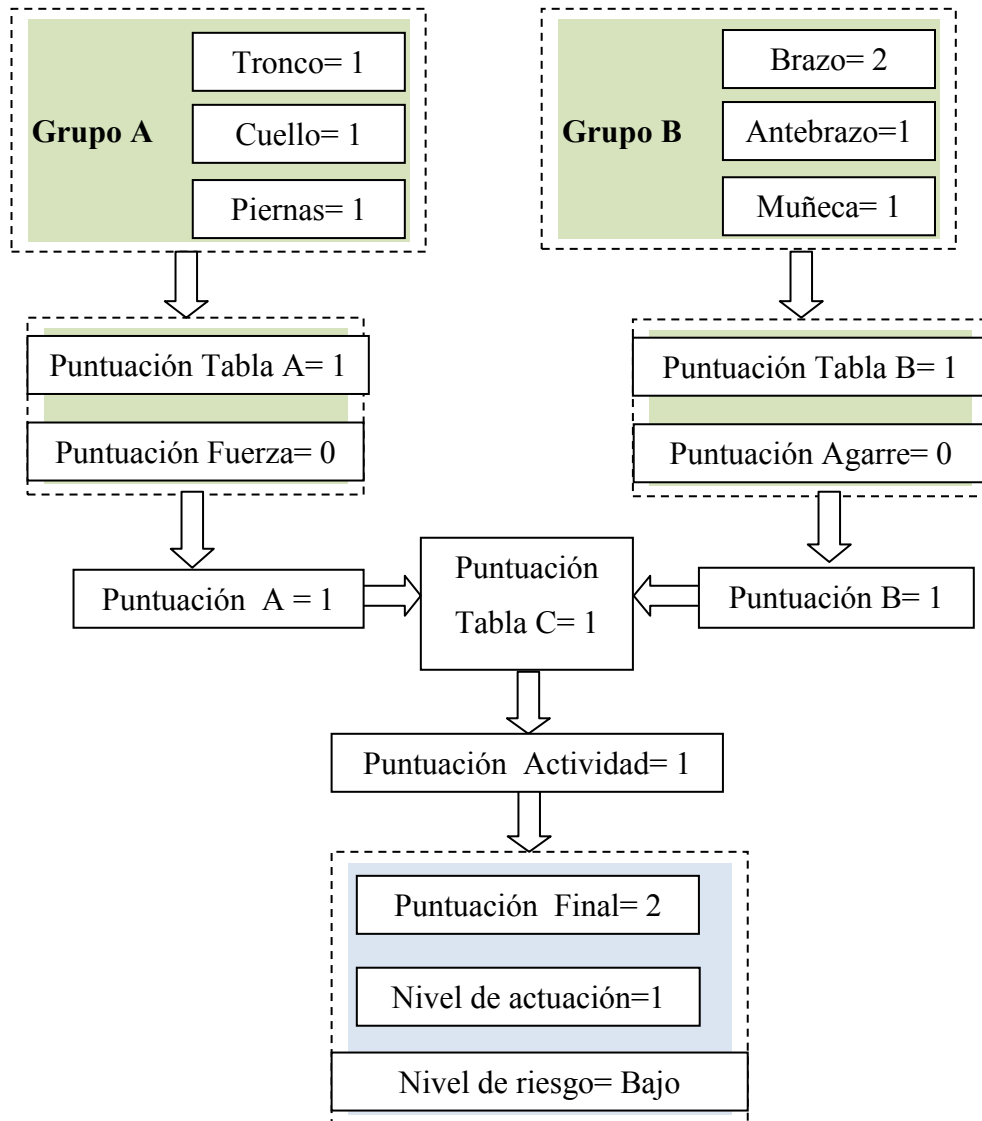


Figura N° 4.27: Flujo de obtención de puntuaciones en el método lado izquierdo EMCT solución optima.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

Tabla N° 4.70: Resultado de la evaluación del puesto de trabajo lado izquierdo EMCT selección optima de diseño.

 <p><b>MÉTODO: REBA</b></p>		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA</b>						 <p><b>REG: EMCT-004</b></p>	
		<p><b>Puesto de trabajo:</b> Estación de Mando y Control en Tierra propuesta de diseño.</p> <p><b>Descripción:</b> Monitoreo y control de los sistemas de los aviones no tripulados.</p>							
<p><b>Norma:</b> Norma NTP 601.</p>				<p><b>Lado a evaluar:</b> Izquierdo (Selección optima).</p>			<p><b>Fecha:</b> 6/11/2012</p>		
Grupo A	Puntaje A	Grupo B	Puntaje B	Puntaje C	Puntaje final	Nivel de actuación	Nivel de riesgo	Acción	
Tronco	1	Brazo	2	1	2	1	Baja	Puede ser necesaria la actuación.	
Cuello	1	Antebrazo	1						
Piernas	1	Muñeca	1						
Puntuaciones totales	1		1						

Fuente: Realizado por el Autor.

## 4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS

### 4.2.1 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ENTREVISTA, ENCUESTA Y LA GUÍA DE OBSERVACIONES

La finalidad de la entrevista, encuesta y la guía de observaciones esta direccionado a la configuración estructural, a la distribución de espacios en general a los requerimientos ergonómicos que debe contar la estación de control en tierra, cada pregunta de la entrevista tiene su respectiva justificación señalando las respectivas soluciones al problema planteado, es así que de la pregunta 7 de la entrevista se puede establecer el tiempo de funcionamiento del Shelter que controla a dos aviones es de 15.92 horas semanales, este tiempo es la duración de la pruebas por ende es el periodo en el cual todos los equipos del Shelter se encuentran funcionando al máximo. Mediante la guía de observaciones se puede señalar que el proyecto UAV no cuenta con su propia Estación de Mando y Control en Tierra y que en la actualidad las operaciones de prueba de vuelo se realiza desde una estación improvisada, las cuales tienen falencias y el estado en la que se encuentra la estructura del Shelter que controla a los dirigibles, esta guía nos ayuda al seleccionar el material, el acabado que debe tener, el aislamiento con el que debe contar la nueva estación de mando y control.

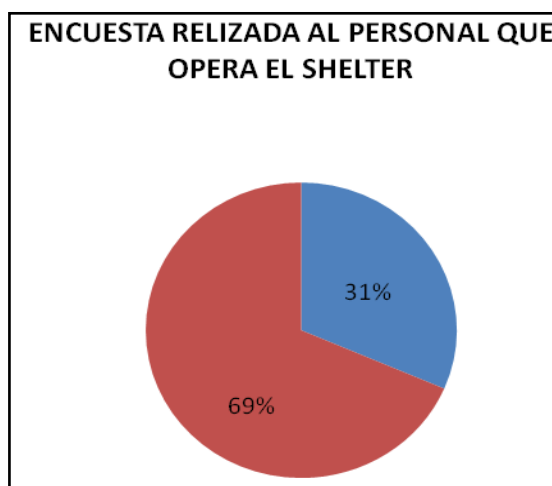


Figura N° 4.28: Matriz de ponderación.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

La pregunta uno de la encuesta ¿Se necesita una estación de control específicamente para las aeronaves?

Todo el personal está de acuerdo que el CID-FAE debe contar con una estación de mando y control en tierra exclusivamente para el monitoreo de los UAVs ya que esto mejoraría las condiciones de trabajo y el rendimiento de trabajo del personal aumentaría.

La pregunta dos de la encuesta ¿Es recomendable realizar modificaciones a la estación de control de los dirigibles para que funcione como una estación para los aviones?

De la encuesta realizada la mayoría del personal no recomiendan realizar modificaciones ya que son otros sistemas, se destruiría la estructura, además que la misma no ofrece seguridad.

La pregunta tres de la encuesta ¿Se ha tenido accidentes por falta de aislamiento es decir lluvia, altas temperaturas, humedad, vibraciones?

La mayoría de las personas han sufrido accidentes por corto circuito al no contar con aislamiento apropiado, también caídas debido a que el vehículo es alto y no cuenta con escaleras de ingreso al Shelter.

La pregunta cuatro de la encuesta ¿Los espacios internos están distribuidos de acuerdo a sus necesidades?

La distribución del área de trabajo no cumple con las necesidades del personal al no contar con zonas específicas para cada labor que se va a realizar y al no estar señalizadas, lo cual provoca conflicto entre el personal.

La pregunta cinco de la encuesta ¿La ubicación de los equipos es la apropiada para no tener interferencia entre sí?

En cuanto a la ubicación de los equipos está íntimamente relacionado con la distribución de espacios es así que existe interferencias al no estar separados y



debidamente aislados los equipos eléctricos de los informáticos es así que el personal tiene problemas con este tipo de ubicación lo cual reduce la calidad de los resultados.

La pregunta seis de la encuesta ¿La actual estación de control está diseñada para recorrer caminos de poco acceso sin que los equipos sufran daños o causen daños a terceros?

La mayoría del personal no está de acuerdo que la actual estación de control sirva para recorrido por zonas rurales o por lugares de acceso dificultoso por el tamaño y al no contar con aislamientos de disipación de vibraciones del chasis a los equipos.

La pregunta siete de la encuesta ¿Se puede controlar las condiciones de trabajo es decir temperatura, humedad, ventilación o cambio de aire?

Según la encuesta existe una paridad en la respuesta ya que en la sierra la temperatura de trabajo es los 20°C y por ende el personal se encuentra en un ambiente de trabajo agradable pero la prioridad que se da es a los equipos que la temperatura de trabajo son menores a los 10°C y al no contar con un sistema de aire acondicionado que proporcione esta temperatura y al no contar con un sistema de ventilación ocasiona que los equipos no trabajen al máximo de su capacidad y el calor que proporcionan los mismos no circulen al exterior.

La pregunta ocho de la encuesta ¿La estructura de las pantallas es cómoda en cuanto al movimiento que requieren realizar?

El diseño de la estructura de las pantallas al no cumplir con las necesidades ergonómicas de movimiento, visión, e incluso distribución de equipos en esta aérea el personal no se siente cómodo debido que este sitio es el más utilizado por los operadores.

La pregunta nueve de la encuesta ¿Esta estación permite facilidad de acceso para realizar mantenimiento a los diferentes sistemas como de energía, aire acondicionado y equipos informáticos?

Mediante la encuesta se puede apreciar que no permite facilidad de mantenimiento por lo que si existe averías en algún sistema mencionado para realizar su respectiva reparación se tendría que dañar su estructura.

#### 4.2.2 INTERPRETACIÓN DE LOS FACTORES ERGONÓMICOS

Tabla N° 4.71: Resultado de la evaluación de los factores ergonómicos.

<b>EVALUACIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Actual</b>		<b>Propuesta</b>	
	<b>Derecho</b>	<b>Izquierdo</b>	<b>Derecho</b>	<b>Izquierdo</b>
Puntuación A	8	7	2	1
Puntuación B	6	7	2	1
Puntuación C	10	9	2	1
Puntuación final	11	10	3	2
Nivel de actuación	4	3	1	1
Nivel de riesgo	Muy alto	Alto	Bajo	Bajo
Acción	Es necesaria la actuación inmediata.	Es necesaria la actuación cuanto antes.	Puede ser necesaria la acción.	Puede ser necesaria la acción.

Fuente: Realizado por el Autor.

De la Tabla 4.71 muestra las evaluaciones del cuerpo del lado derecho e izquierdo la cual el nivel de riesgo es muy alto en el lado derecho debido a que es el lado con más posiciones incómodas que adopta el trabajador al realizar sus actividades para la estación actual, en la que operan debido a las malas posturas en las que se encuentra el trabajador, se ha realizado cambios en el diseño mediante el seguimiento de normas por lo que al realizar la evaluación ergonómica se ve que el puntaje del nivel de actuación disminuye notablemente y el nivel de riesgo es bajo debido a esto se puede establecer que la propuesta elegida es la apropiada.

Mediante este análisis ergonómico queda comprobado que la mejor opción de configuración del Shelter seleccionado cumple con los requerimientos ergonómicos, de esta manera la hipótesis planteada se verificaría.

Con este último valor se pudo determinar que la nueva selección de diseño ha mejorado en las características ergonómicas, debido a que el nivel de riesgo es bajo y el nivel de actuación puede o no ser necesaria.

#### 4.2.3 INTERPRETACIÓN DE LOS FACTORES FÍSICOS

Tabla N° 4.72: Resultado de la evaluación de los factores ergonómicos.

EVALUACIÓN DE LOS FACTORES FÍSICOS						
Descripción	Ambiente térmico	Ruido	Luminosidad			
			Lámparas apagadas puerta abierta	Lámpara encendida puerta cerrada	Lámparas encendidas puerta abierta	Lámparas apagadas puerta cerrada
Dosis	1,01	0,67	0,9	0,98	0,93	30,33
Riesgo	Intolerable	Tolerante	Tolerable	Tolerable	Tolerable	Intolerable

Fuente: Realizado por el Autor.

En la Tabla 4.72 se puede apreciar que el operador se encuentra en un ambiente de exposición de temperatura superior a lo permitido por lo que se debe realizar medidas de control inmediatas, estas pueden ser la implementación de un sistema de aire acondicionado con el que se podrá controlar la temperatura, así también aislar la estructura para que el calor del exterior no ingrese al interior de la EMCT, también muestra que el ruido se encuentra dentro de los rangos permitidos, por esta razón el tiempo de exposición es de 6 horas, se recomienda que si los trabajadores van a realizar alguna actividad fuera de la estación utilicen protectores de oídos. Por último en la misma tabla se puede observar que el nivel de iluminación obtenido por el instrumento se aproxima al recomendado, salvo el caso cuando las lámparas están apagadas y la puertas se encuentra cerrada la dosis es intolerable, pero en esta condición no se realiza ninguna actividad.

#### 4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

El diseño de una configuración estructural y ergonómica de una estación de mando y control en tierra permite que el personal se encuentre en un ambiente de

trabajo cómodo, seguro, es así que las pruebas de vuelo se lo realizaran en un periodo de tiempo más largo. Luego de haber tabulado las encuestas se procedió a la comprobación de la hipótesis, mediante el método estadístico:

#### 4.3.1 MÉTODO CHI-CUADRADO

$$\chi^2 = \sum \left( \frac{(O-E)^2}{E} \right) \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Donde:

$\chi^2$  = Chi-cuadrado.

O = Frecuencia Observada.

E = Frecuencia esperada o técnica.

#### 4.3.1 COMBINACIÓN DE FRECUENCIAS

Tabla N° 4.73. Combinación de frecuencias.

PREGUNTAS	SI	NO	TOTAL
1.- ¿Se necesita una estación de control específicamente para las aeronaves?	6	0	6
3.- ¿Se ha tenido accidentes por falta de aislamiento es decir lluvia, altas temperaturas, humedad, vibraciones?	4	2	6
4.- ¿Los espacios internos están distribuidos de acuerdo a sus necesidades?	0	6	6
7.- ¿Se puede controlar las condiciones de trabajo es decir temperatura, humedad, ventilación o cambio de aire?	3	3	6
8.- ¿La estructura de las pantallas es cómoda en cuanto al movimiento que requieren realizar?	1	5	6
9.- ¿Esta estación permite facilidad de acceso para realizar mantenimiento a los diferentes sistemas como de energía, aire acondicionado y equipos informáticos?	0	6	6
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>22</b>	<b>36</b>

Fuente: Realizado por el Autor.

### 4.3.2 FRECUENCIA ESPERADA

Tabla N° 4.74. Frecuencia esperada.

PREGUNTAS	SI	NO	TOTAL
1.- ¿Se necesita una estación de control específicamente para las aeronaves?	2,333	3,667	6
3.- ¿Se ha tenido accidentes por falta de aislamiento es decir lluvia, altas temperaturas, humedad, vibraciones?	2,333	3,667	6
4.- ¿Los espacios internos están distribuidos de acuerdo a sus necesidades?	2,333	3,667	6
7.- ¿Se puede controlar las condiciones de trabajo es decir temperatura, humedad, ventilación o cambio de aire?	2,333	3,667	6
8.- ¿La estructura de las pantallas es cómoda en cuanto al movimiento que requieren realizar?	2,333	3,667	6
9.- ¿Esta estación permite facilidad de acceso para realizar mantenimiento a los diferentes sistemas como de energía, aire acondicionado y equipos informáticos?	2,333	3,667	6
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>22</b>	<b>36</b>

Fuente: Realizado por el Autor.

### 4.3.3 MODELO LÓGICO

**Hipótesis alterna (Ha)** = Hipótesis si

**Hipótesis nula (Ho)** = Hipótesis no

### 4.3.4 NIVEL DE SIGNIFICANCIA Y REGLA DE DECISIÓN

#### 4.3.4.1 GRADO DE LIBERTAD

$$GL = (c-1)*(f-1) \quad (\text{Ec. 4.2})$$

Donde:

**c** = Número de preguntas.

**f** = Opciones de responder.

Gl = Grado de libertad.

$$GL = (6-1)*(3-1)$$

$$GL = 5* 2$$

$$GL = 10$$

#### 4.3.4.2 GRADO DE SIGNIFICANCIA

**Nivel de significación (P):** Denominado nivel de confianza, se refiere a la probabilidad de que los resultados observados se deban al azar. Este valor es fijado por el investigador, usualmente es el 5% o 10%. Lo que indica que si se toma  $P=0.05$ , se está significando que solo en un 5% de las veces en que se realice la medición, el resultado obtenido podría deberse al azar. De lo contrario sería decir que existe un nivel de confianza del 95% que el resultado es real y no debido a la casualidad. Nivel de confiabilidad = 95%, el grado de significancia será 0.05

#### Valores críticos de chi-cuadrado.

Esta tabla contiene los valores  $x^2$  que corresponden a un área específica de la extremidad de la derecha y a un número determinado de grados de libertad.

Tabla N° 4.75: Valores críticos de chi-cuadrado.

Grados libertad	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88
2	4,61	5,99	7,38	9,21	10,6
3	6,25	7,81	9,35	11,34	12,84
4	7,78	9,49	11,14	13,28	14,86
5	9,24	11,07	12,83	15,09	16,75
6	10,64	12,59	14,45	16,81	18,55
7	12,02	14,07	16,01	18,48	20,28
8	13,36	15,51	17,53	20,09	21,95
9	14,68	16,92	19,02	21,67	23,59
10	15,99	18,31	20,48	23,21	25,19

Fuente: Realizada por el Autor.

$$X_t^2(c-1)*(f-1)= 18,31$$

### 4.3.5 CALCULO DEL CHI-CUADRADO

Tabla N° 4.76: Calculo del chi-cuadrado.

O	E	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E
6	2,333	3,667	13,447	5,764
0	3,667	-3,667	13,447	3,667
4	2,333	1,667	2,779	1,191
2	3,667	-1,667	2,779	0,758
0	2,333	-2,333	5,443	2,333
6	3,667	2,333	5,443	1,484
3	2,333	0,667	0,445	0,191
3	3,667	-0,667	0,445	0,121
1	2,333	-1,333	1,777	0,762
5	3,667	1,333	1,777	0,485
0	2,333	-2,333	5,443	2,333
6	3,667	2,333	5,443	1,484
<b>TOTAL</b>				<b>20,572</b>

Fuente: Realizada por el Autor.

$$X^2 = 20,572$$

$$X_t^2(c-1)*(f-1) = 18,31$$

Donde:

**O**= Frecuencia observada.

**E**= Frecuencia esperada.

**O-E**= Frecuencias observada – frecuencias esperadas.

**(O-E)<sup>2</sup>**= Resultado de las frecuencias observadas y esperadas al cuadrado

**(O-E)<sup>2</sup>/E** = Resultado de las frecuencias observadas y esperadas al cuadrado dividido para las frecuencias esperadas.

**Criterio de decisión:**

$$X^2 < X_{t^2(c-1)}*(f-1) \rightarrow \text{Acepta } H_0.$$

#### **4.3.6 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS MEDIANTE EL MÉTODO CHI-CUADRADO**

$$20,572 > 18,31 \rightarrow \text{Se rechaza } H_0$$

Debido a que  $X^2$  es mayor a  $X_{t^2(c-1)}*(f-1)$  se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$ .

Por lo tanto el estudio de la configuración estructural y ergonómica de una estación de mando y control en tierra shelter para el personal que monitorea y controla los sistemas de los aviones no tripulados en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana es factible.

También al realizar la evaluación de los riesgos ergonómicos y físicos permitió evidenciar los problemas ergonómicos que aquejan los operadores y el estado en el que se realiza las operaciones de vuelo, es así que al realizar la comparación de la estación actual con la configuración seleccionada en la Tabla 4.57, el nivel de riesgo es bajo en la EMCT seleccionada, mientras que el nivel de riesgo en la EMCT actual es muy alta, con lo que permitió comprobar la hipótesis que se planteo para la presente investigación.



## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Mediante la revisión de la fundamentación teórica y el análisis de los datos recolectados, principalmente de la evaluación ergonómica del puesto de trabajo tanto en la actual como en la propuesta y de la evaluación de los riesgos físicos se obtienen las siguientes conclusiones:

- Se determino la configuración estructural y ergonómica requerida de las diferentes opciones de estaciones que se muestra en la Tabla 4.35, proporcionándonos como la mejor configuración la dos con los factores enlistados en la misma tabla.
- Se identifíco la normas a adopta tanto en el análisis ergonómico como en el diseño de la unidad, estas normativas se encuentran enlistadas y justificadas el porqué de su uso en el literal 2.1.2.37 Ambiente de trabajo, del capítulo dos, de la misma forma se encuentra en el literal 2.3 de la fundamentación legal.
- Se analizo la distribución de espacios necesarios con el que debe contar la unidad de mando y control en tierra móvil para que el personal pueda realizar sus actividades de prueba de vuelo en un ambiente cómodo y tengan una buena visibilidad, siendo este para el área de herramientas o bodega de 1,8x2,2x1,9 metros tomados de la Tabla 4.51, para el de oficina que es el lugar de donde se va a operar los UAVs es de 1,8x2,2x2,1 metros que se encuentra en la Tabla 4.50, mientras que para el área de equipamiento 1,8x2,2x2,35 metros tomados de la Tabla 4.49.

- Se obtuvieron valores tomando en consideración las distancias de cada elemento con el que va a contar cada área y las dimensiones antropométricas, para ello se realizó el cálculo de los percentiles y se utilizó el P95 como se indica en la Tabla 4.38.
- Mediante la planificación sistemática de distribución en planta del literal 4.1.6.8 y el método estadístico chi-cuadrado del literal 4.3.1 del capítulo 4, se propuso el diseño de la estación ya que en estos literales se demostró que la configuración estructural interna de la estación cumple con los requerimientos ergonómicos tanto con el personal como con sus equipos.
- Se realizó la evaluación del diseño mediante la norma NTP 601 (método REBA) la cual se pudo determinar que el diseño ha mejorado en las características ergonómicas, debido a que el nivel de riesgo es bajo y el nivel de actuación puede o no ser necesaria que se muestra en la Tabla 4.71.
- Se pudo establecer los problemas ergonómicos con los que cuentan los operarios al realizar la encuesta y la entrevista a los trabajadores que están involucrados directamente con el problema.
- Se determinó mediante la observación las condiciones ambientales y ergonómicas en las que trabajan, esto nos facilitó para tener un punto de inicio del diseño, de esta manera proponer el diseño con las mejoras realizadas mediante el seguimiento de normas ergonómicas.
- Las medidas corporales permitieron establecer el dimensionamiento para las posiciones de confort con las que debe contar el operador en el puesto de trabajo sentado y de pie, sus alcances máximos, la zona óptima y los ángulos de confort como se indican en la Tabla 4.43, 4.44 y en la Tabla 4.45 respectivamente.
- Se estableció con el percentil el dimensionamiento del tablero de mando o interfaz en las que se encuentran las pantallas y es el puesto en el que mayor tiempo van a estar los operadores en posición sentada, así como el ángulo de visión frente a este tablero que está entre un rango de 0 a 25 grados y de 0 a -35 grados que el ojo humano puede cubrir sin tener que mover el cuello, que se encuentra en la Tabla 4.47 y en la Figura 4.15.

- Se determinó al realizar la evaluación de los riesgos físicos que el operador se encuentra en un ambiente de temperatura de trabajo superior a lo permitido que fue de 29°C por lo que la dosis da un valor de 1.01, mientras que la dosis de ruido para el tiempo que dura las pruebas de vuelo se de 0,67, la norma dice que es un ruido tolerable, por último se pudo determinar que la iluminación es aceptable dentro del rango permitido por la norma que es de 500lux, con lo que podemos establecer que es importante una mejora en el ambiente de trabajo.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Al término de este análisis realizado en el presente estudio se ha considerado establecer las siguientes recomendaciones:

- Se debe tomar en cuenta al momento de realizar el diseño ergonómico considerar el percentil de población adecuada, debido a que el Ecuador no existe una base de datos con el que podamos trabajar, por lo cual si la población es pequeña se debe realizar el cálculo del percentil y tomar según el criterio y los requerimientos del diseñador.
- Realizar el diseño de acuerdo a las normas adoptadas ya que es una estación de monitoreo móvil que no cuenta con una norma específica para este trabajo.
- Es necesario para que el personal trabaje en un ambiente cómodo y seguro realice la construcción de esta unidad caso contrario en un futuro van a tener problemas musculoesqueléticos graves.
- Dar prioridad a los aspectos determinados como significativos en el análisis de los resultados de este estudio.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

Reingeniería mediante normas enfocada a la configuración estructural y ergonómica de una estación de mando y control en tierra para la comodidad del personal que monitorea y controla los sistemas de los aviones no tripulados en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

#### **6.1 DATOS INFORMATIVOS**

El presente estudio de configuración estructural y ergonómica de una estación de mando y control en tierra Shelter para el personal que monitorea y controla los sistemas de los aviones no tripulados, se lo realizó en la provincia de Tungurahua, ciudad de Ambato, específicamente el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana en el aeropuerto de Chachoán sector Izamba.

Por tratarse de una estación de mando y control en tierra, los datos para el diseño son los obtenidos en los capítulos anteriores tales como el área interna requerida, la configuración interna de la estación.

Además para el dimensionamiento de las áreas de oficina, herramientas y equipos se tomaron en cuenta los requerimientos solicitados por la entidad ya que esta presento un listado de los componentes como el que debe contar la unidad, mediante este se tomo en cuenta para el tipo de chasis a elegir que es de un VOLKSWAGEN 9-150 con distancia entre ejes de 4300mm que se adapta a nuestra área requerida.

La norma con la que se trabajo para el diseño fue la RTE INEN 041:2010 de vehículos de transporte escolar, de esta se eligió el tipo de unidad mediante la distancia entre ejes de 4300mm que entra en un tipo de unidad minibús, guiándonos de esta normativa se dimensiono el tamaño de las ventanas, puertas, voladizos delanteros y posteriores máximos.

## **6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

Considerando el adelanto tecnológico ya que la misión de la Fuerza Aérea Ecuatoriana demanda de avances tecnológicos de acuerdo al entorno de una sociedad globalizada, y la necesidad que tiene el CID-FAE para el cumplimiento con el proyecto UAV, ya que la misma debe contar con una estación de control que cumpla con los requerimientos ergonómicos, de seguridad para el personal que va a trabajar en esta unidad, se han tomado como parámetros para el estudio de esta la selección del material, la configuración es decir la distribución de espacios en el interior del Shelter tomando en cuenta las dimensiones del chasis también el diseño de la estructura interna de acuerdo a normas ergonómicas, y por último el cálculo del costo de la estación tanto de su estructura como de su equipamiento con el que va a contar dicha unidad.

Existen proyectos de investigación relacionados al diseño de buses, las cuales se centran en el análisis estructural, es así que en la Escuela Politécnica Del Ejercito se desarrollo un tema de tesis bajo el tema, “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DEL AUTOBÚS FELINE PARA LA EMPRESA CARROCERA MIRAL BUSES”, la cual fue ejecutada por el Sr. Jorge Luis Cepeda Miranda en el año 2006, el cual propone “Realizar el análisis de la estructura de la carrocería del autobús de transporte interprovincial para la empresa ensambladora MIRAL BUSES para determinar su resistencia ante las condiciones de carga a las cuales es sometida en operación; entregar información acerca del comportamiento de los miembros estructurales y recomendar el rediseño de componentes que lo ameriten.”

También otro estudio realizado en la Universidad Técnica De Ambato en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, bajo el tema “ESTUDIO

ESTRUCTURAL DEL BUS URBANO ENTRADA BAJA DE ACUERDO A LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1323 PARA INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DE LA EMPRESA PICOSA”, realizado por el Sr. Daniel Eduardo Hidalgo Pérez como trabajo estructurado previo a la obtención del título de ingeniero mecánico, la cual propone “Analizar cuasi-estáticamente la estructura del bus urbano entrada baja de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1323, para incrementar la competitividad de la empresa PICOSA”

Por último un estudio de tesis realizado por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, de la Facultad de Mecánica, de la carrera de Ingeniería Industrial, con el tema: “PROPUESTA DE REORGANIZACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN PARA LAS CARROCERÍAS: INTERPROVINCIAL Y BUS-TIPO EN LA EMPRESA VARMA S.A. DE LA CIUDAD DE AMBATO.” Realizado por el Sr. Darwin Gustavo Jaque Puca, como trabajo estructurado previo a la obtención del título de ingeniero mecánico, propone, “Evaluar la situación actual que tiene la planta de producción de la empresa.”, y “Proponer la reorganización de la planta de producción.”

### **6.3 JUSTIFICACIÓN**

Dar al Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana un modelo de estación de mando y control en tierra realizando el diseño de la configuración estructural, bajo normas ergonómicas que mejore las condiciones de trabajo del personal que monitorea los sistemas del avión durante las pruebas de vuelo, este modelo permitirá tener una mejor distribución de espacios para que los operadores realicen movimientos deseados sin mayor dificultad.

### **6.4 OBJETIVOS**

#### **6.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una configuración estructural y ergonómica de una estación de mando y control en tierra Shelter para la comodidad del personal que monitorea y controla

los sistemas de los aviones no tripulados en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

#### **6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir el área interna requerida para seleccionar el tipo de chasis.
- Establecer la distribución interna de las áreas de trabajo mediante el layout de recorrido a fin de tener una buena interconexión entre ellos.
- Diseñar la estación de mando y control en tierra tanto la configuración interna como su estructura, mediante la norma RTE INEN 041:2010.
- Analizar y evaluar los costos de construcción de la estación de mando y control en tierra.

#### **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

La elaboración de la propuesta es factible realizar ya que se cuenta con la información necesaria como son las normas RTE INEN 041:2010, NTC 5831, ISO 6385:2004, datos antropométricos para la toma de percentiles, además del recurso humano y material del Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana que está predispuesto a colaborar con entrega de información.

En cuanto a su construcción se toma encuesta que el equipamiento de la unidad tiene un costo elevado debido a que algunos de estos elementos no se encuentran en el mercado ecuatoriano, por lo que para su construcción dependen directamente del presupuesto con la que cuenta la entidad y el tiempo en que se tarde de adquirir los equipos.

#### **6.6 FUNDAMENTACIÓN**

##### **6.6.1 PARÁMETROS DE DISEÑO**

Los operadores necesitan un ambiente cómodo tranquilo y seguro para realizar las pruebas de vuelo de las aeronaves.

### **6.6.1.1 MATERIAL A UTILIZAR**

El material utilizado para esta estructura debido a su uso y existencia en el mercado es el acero A36-A569, que presenta las propiedades siguientes:

Es el material estructural más usado para la construcción de estructuras en el mundo. Es fundamentalmente una aleación de hierro (mínimo 98%), con contenidos de carbono menores del 1% y otras pequeñas cantidades de minerales como manganeso, para mejorar su resistencia, y fósforo, azufre, sílice y vanadio para mejorar su soldabilidad y resistencia a la intemperie. Es un material usado para la construcción de estructuras de gran resistencia, producido a partir de materiales muy abundantes en la naturaleza. Entre sus ventajas está la gran resistencia a tensión y compresión y el costo razonable.

#### **Ventajas y desventajas del acero ASTM A36-A569, como material estructural.**

##### **Ventajas.**

- Alta resistencia.- La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será poco el peso de las estructuras, esto es de gran importancia en puentes de grandes claros.
- Uniformidad.- Las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo como es el caso de las estructuras de concreto reforzado.
- Durabilidad.- Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado duraran indefinidamente.
- Ductilidad.- La ductilidad es la propiedad que tiene un material de soportar grandes deformaciones sin fallar bajo altos esfuerzos de tensión. La naturaleza dúctil de los aceros estructurales comunes les permite fluir localmente, evitando así fallas prematuras.
- Tenacidad. - Los aceros estructurales son tenaces, es decir, poseen resistencia y ductilidad. La propiedad de un material para absorber energía en grandes cantidades se denomina tenacidad.



- Gran facilidad para unir diversos miembros por medio de varios tipos de conectores como son la soldadura, los tornillos y los remaches.
- Posibilidad de prefabricar los miembros de una estructura.
- Rapidez de montaje.
- Gran capacidad de laminarse y en gran cantidad de tamaños y formas.
- Resistencia a la fatiga.
- Posible reciclaje después de desmontar una estructura.

### **Desventajas.**

- Costo de mantenimiento. - La mayor parte de los aceros son susceptibles a la corrosión al estar expuestos al agua y al aire y, por consiguiente, deben pintarse periódicamente.
- Costo de la protección contra el fuego.- Aunque algunos miembros estructurales son incombustibles, sus resistencias se reducen considerablemente durante los incendios.
- Susceptibilidad al pandeo. - Entre más largos y esbeltos sean los miembros a compresión, mayor es el peligro de pandeo, el acero tiene una alta resistencia por unidad de peso, pero al utilizarse como columnas no resulta muy económico ya que debe usarse bastante material, sólo para hacer más rígidas las columnas contra el posible pandeo.

### **Aplicaciones.**

Construcción de estructuras metálicas remachadas, atornilladas o soldadas por ejemplo: puentes, torres de energía, torres para comunicación y edificaciones. En el Ecuador es el acero más empleado en la construcción de carrocerías para buses.

#### **6.6.1.2 PERCENTIL A UTILIZAR**

El percentil utilizado en el diseño fue el P95, debido a que el 95% del personal que entra en este rango como se indica en la Tabla 4.38, debe cumplir sus actividades sin ninguna dificultad, es decir deben estar cómodos en sus asientos, con los pies bien apoyados, deben tener alcance a los equipos que se encuentran

en el interfaz, (radios, pantallas, dvd's, intercomunicadores), con los brazos apoyados en el escritorio y su fuerza bien distribuida, alcance a los objetos que se encuentran en el escritorio, y el personal que no entran en este rango que es el 5% debe ajustarse a sus requerimientos, incluso estos realizan otras actividades acorde a sus dimensiones corporales.

### 6.6.1.3 VALORACIÓN ECONOMICA

La determinación de costos de este proceso fueron determinados mediante la consideración de costos actuales, es decir a la fecha de realización de esta investigación.

El costo aproximado de la EMCT para su construcción se consigue mediante la consideración y sumatoria de los siguientes costos.

- Costo de equipamiento.
- Costo de material para la estructura de la estación.
- Costo de mano de obra.
- Costos indirectos.

### 6.6.1.4 COSTO DE EQUIPAMIENTO

La hoja de cálculo está basada en la determinación del equipamiento informático, de comunicación y elementos especiales con la que debe contar la unidad.

Tabla N° 6.1: Costo de equipamiento.

Equipos y Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total (USD)
Smart-UPS On-Line - APC Smart-UPS RT 5000VA 208V w/ 208V to 120V "SURTD5000XLT-1TF3"	1	3.704,40	3.704,40
Banco de baterías auto 2 horas	1	6.449,52	6.449,52
Tablero bypass	1	2.228,80	2.228,80
Instalación	1	280	280
Rack cerrado de piso desmoldable, modelo Jupiter 19"	1	5.000	5.000
Monitores de 21.5" - E2241	6	500	3.000

<b>Equipos y Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total (USD)</b>
Computador CLON	1	3.763,20	3.763,20
Bastidor Beaucoup y accesorios	1	1.358,94	1.358,94
Repetidor de video apilable de 2 puertos	2	96,32	192,64
Adaptador de video de DVI a VGA	4	20,16	80,64
cable de video svga hd 50" (15,24m)	9	282,24	2.540,16
Adaptador Display Port a VGA Manhattan	3	85,5	256,5
Hi-Speed USB 2.0 SVGA Converter Manhattan	3	239,52	718,56
Hi-Speed USB Active Extension Cable Manhattan	5	110,45	552,25
2 Port VGA Auto Switch	1	90,98	90,98
Adaptador de usb a ps2 trendnet	4	35,84	143,36
Slimblade Trackball USB 2.0 for PC K72327US	3	405,57	1.216,71
Teclado usb keygenlx200 31310042102	3	36,3	108,9
Equipo vhf am. icom ica-110. con accesorios	1	508,59	508,59
Equipo vhf fm. motorola dgm 6100. con accesorios	1	1.514,80	1.514,80
Servidor hp dl180g6 intel xeon e5620 2.4 ghz	1	2.000	2.000
Hp disco 500gb	2	500	1.000
Hp disco 1 tb	1	500	500
Video server Vivotek VS8102	2	400	800
Aire acondicionado (modelo VAC1-4045DHR de 13760Btu/h)	1	9.000	9.000
Ventilador	1	250	250
Generador eléctrico Powermate (PM12500) potencia 12.500 watos	1	4.980	4.980
			<b>52.238,95</b>

Fuente: Realizado por el Autor.

#### **6.6.1.5 COSTO DE MATERIAL DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD**

Para el cálculo de los costos estructurales se realizó el diagrama del proceso de construcción de la carrocería del Shelter, para lo cual se basó en la tesis del Sr. Darwin Gustavo Jaque Puca de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la ciudad de Riobamba, bajo el tema “PROPUESTA DE REORGANIZACIÓN

TÉCNICA-ECONÓMICA DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN PARA LAS CARROCERÍAS: INTERPROVINCIAL Y BUS-TIPO EN LA EMPRESA VARMA S.A. DE LA CIUDAD DE AMBATO.”, cuyo proceso esta descrito en el capitulo dos de esta investigación.

**a) Diagrama de construcción del Shelter**

- Recepción del chasis u obtención del catalogo, para el estudio de las medidas y elaboración de los planos que se realizo como lo indica en el Anexo 4, los apoyos son diseñados tomando en consideración que el chasis es de Bastidor en forma de escalera.
- Preparación del material estructural como son perfiles U, Z, L, rectangulares, cuadrados mediante desengrasantes, fosfatizado y fondeado con anticorrosivo de materiales según las especificaciones de los planos del Anexo 4.
- Preparación del chasis que consiste en el embalado de cables del sistema eléctrico, volante, palanca de cambio, para protección de la soldadura y alinear para que la carrocería tenga una posición completamente horizontal y al nivel.
- Construcción de los apoyos con perfiles rectangulares, cuadrados, pletinas, ángulos soldadas como lo indica en el Anexo 4 de planos de apoyos.
- Construcción del piso mediante canales, tubos rectangulares y cuadrados unidos como se especifica en el plano de piso del Anexo 4.
- Construcción de los laterales derecho e izquierdo mediante pletinas, tubos cuadrados y rectangulares según el plano lateral derecho y el plano lateral izquierdo del Anexo 4.
- Construcción del techo como lo indica el plano de techo del Anexo 4 con perfiles en zeta, cuadrados, omegas y pletinas.
- Construcción de la estructura frente y respaldo como lo indica en el Anexo 4 que está conformado mediante canales, perfil estructural cuadrado.
- Luego de ser construidos el piso, los laterales y techo en sus respectivas áreas de trabajo transportar al chasis para ser ensamblados dando como resultado la estructura de la carrocería.

- Construcción de las cajuelas para repuestos y el generador, como lo específica en los planos del Anexo 4.
- Construcción de la gradas de acceso al área de control y del chofer, otra grada para el acceso al área de herramientas y equipos, conformadas con planchas de acero laminado en frío y galvanizada.
- Luego de esto proceder al forrado exterior del techo con planchas de acero galvanizado-aluzinc, según las dimensiones indicadas en el plano.
- Se procede al forrado exterior de los laterales mediante planchas preparadas en cada uno de los laterales y tensadas.
- Construcción y colocación de las puertas con sus respectivos mecanismos.
- Construcción del piso del chofer y la tapa del motor con sus respectivas adaptaciones y la ubicación de refuerzos.
- Construcción de las divisiones de cabina, áreas de operación, herramientas y equipos con sus respectivas puertas como se indica en el plano de corte del Anexo 4 con perfiles de aluminio y estructural.
- Construcción de la estructura del interfaz en la que se alojaran 6 pantallas de 21.5" entre otros equipos, está conformada con plancha de acero galvanizado, y se ubica según lo especificado en el plano de equipos internos del Anexo 4,
- Construcción de los asientos en tubería redonda de acuerdo a lo especificado en el plano de corte para su posterior ensamblaje a la estructura del piso.
- Construcción y ensamblado de las literas a la estructura de la unidad, la cual está construida con ángulos, pletinas como lo indica el plano de corte del Anexo 4
- Tendido de la red eléctrica y tendido de la red de datos mediante tuberías y canales debidamente aisladas entre sí para la protección de interferencias.
- Se procede al forrado interior de los laterales mediante planchas de acero inoxidable remachadas y pegadas a la estructura.
- También se realiza el forrado del respaldo y techo interior con aluzinc luego se tapiza.
- Pintado de la unidad con poliuretano, de accesorios como puertas, mecanismos tableros, consolas.

- Ubicación del rack, bypas, caja de red eléctrica, UPS, caja de baterías, asientos, escritorio plegable, a la estructura del bus.
- Luego de esto se procede a la instalación eléctrica de interior, exterior y accesorios además la instalación de equipos informáticos.
- Se procede al acabado de la carrocería con el montaje de las ventanas colocación de parabrisas, limpieza general, prueba de agua.
- Control de calidad y revisión general de impermeabilidad, funcionamiento del sistema eléctrico e informático sistema neumático de apertura y cierre de puertas y todos los accesorios internos de la EMCT.

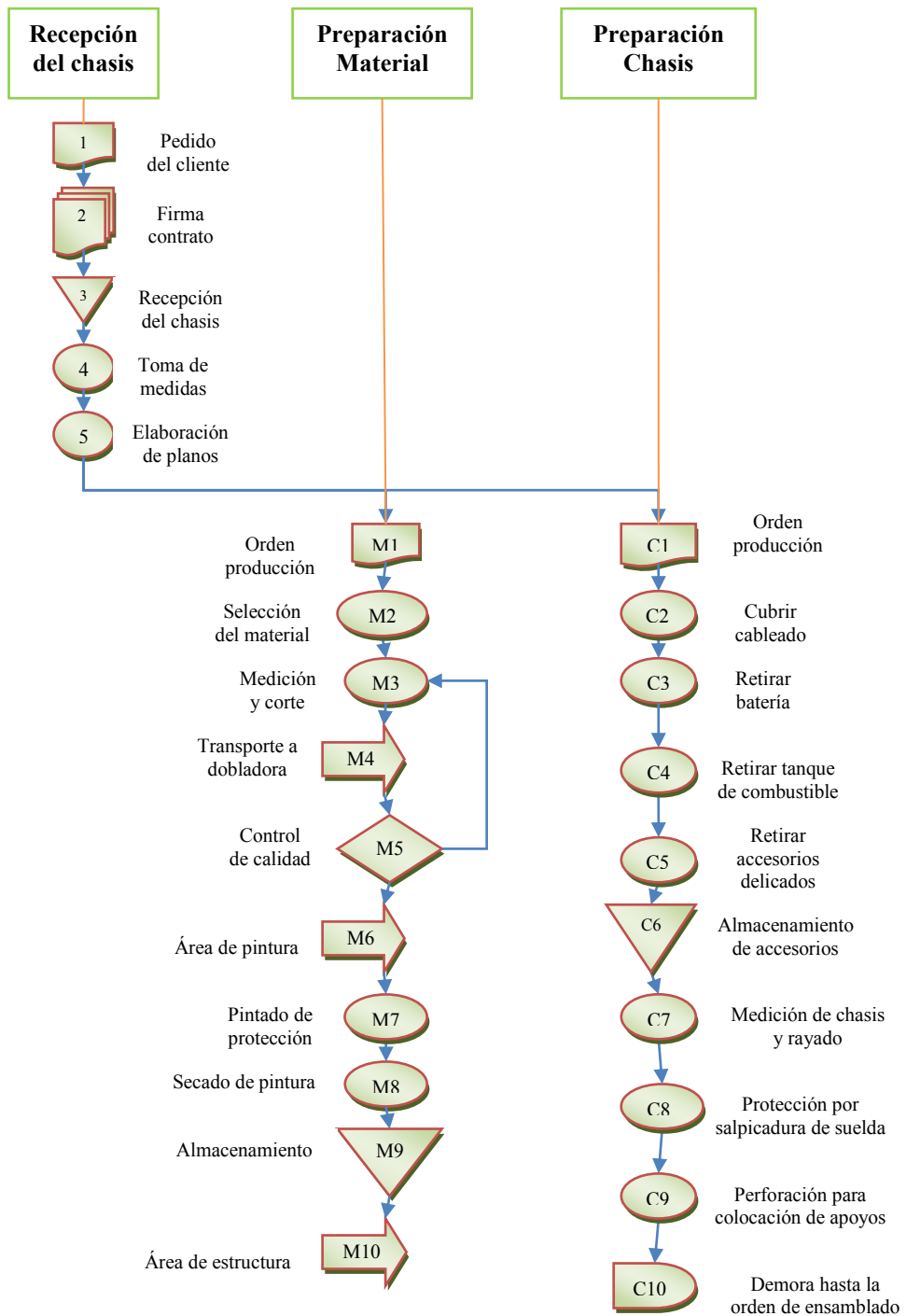


Figura N° 6.1: Diagrama de flujo recepción, preparación del chasis y material.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

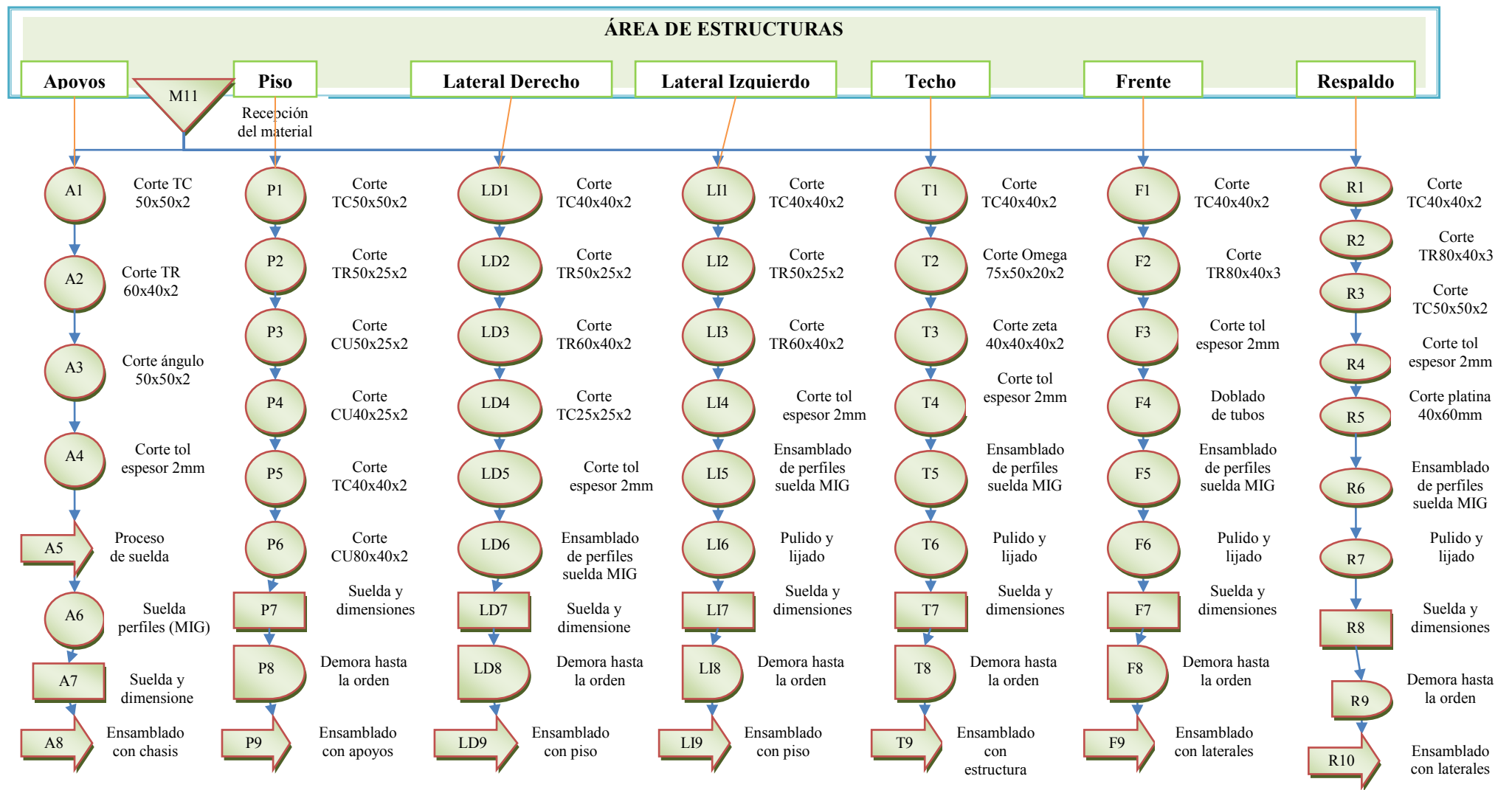
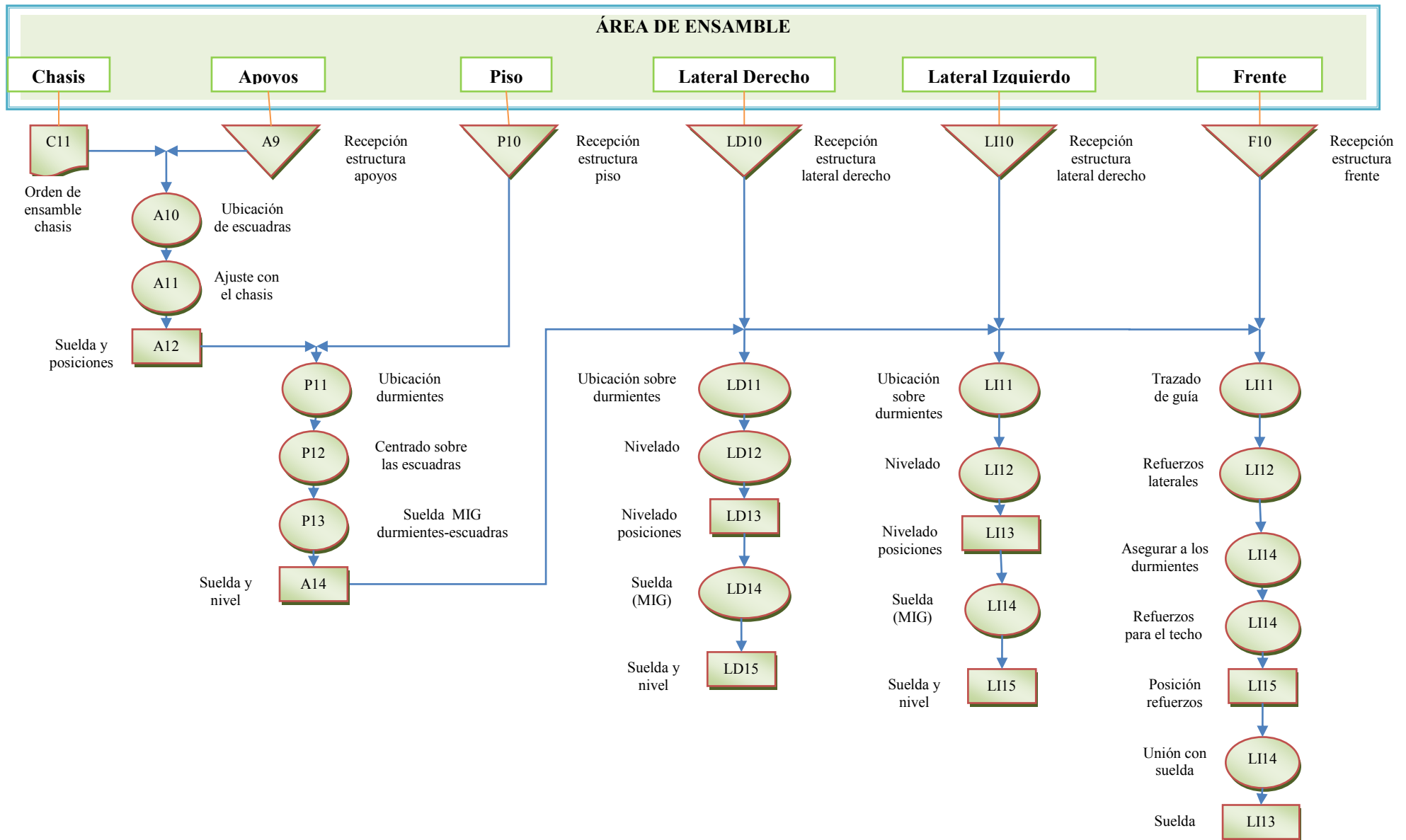


Figura N° 6.2: Diagrama de flujo área de estructura.

(Fuente: Realizado por el Autor.)





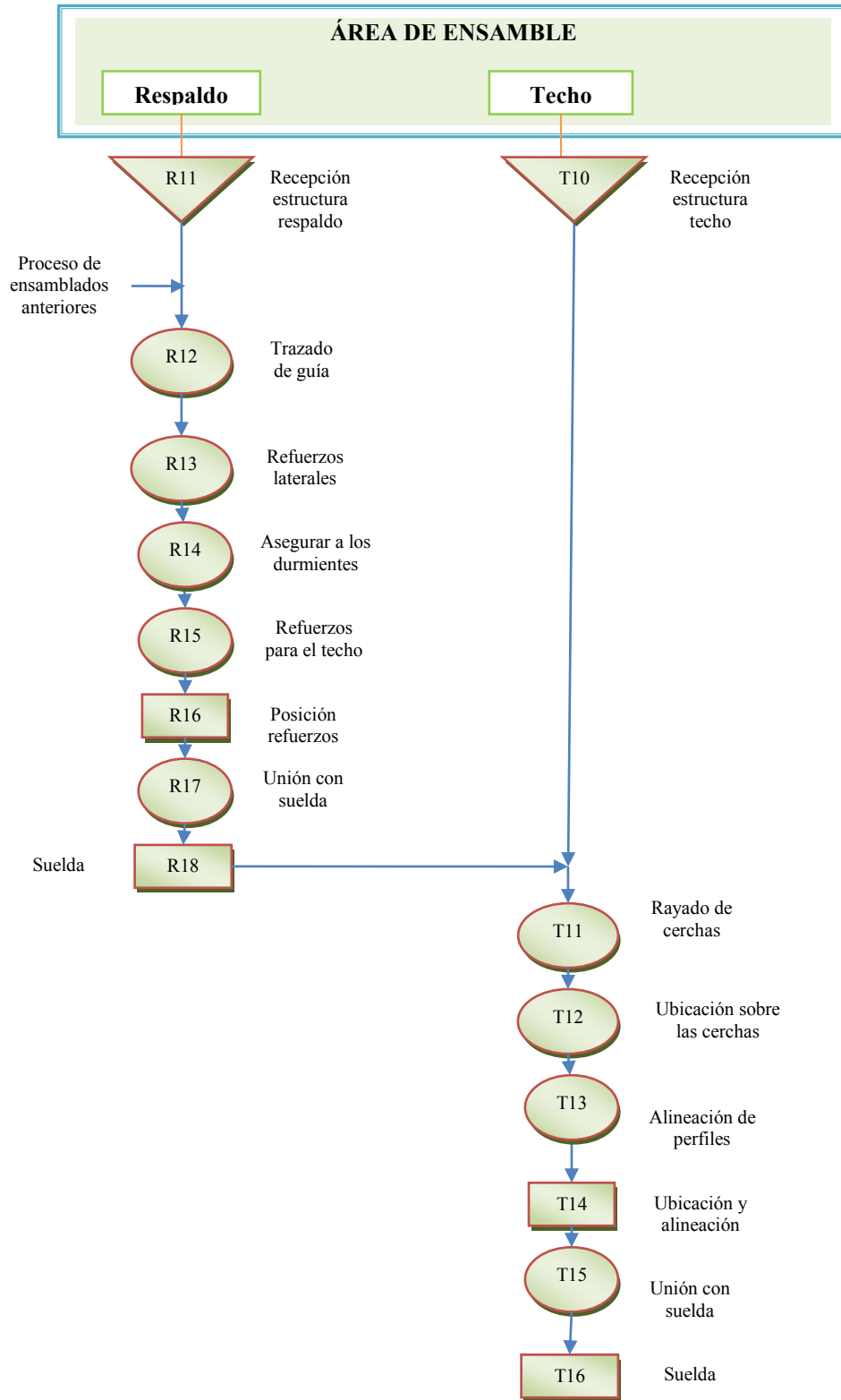


Figura N° 6.3: Diagrama de flujo área de ensamble.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

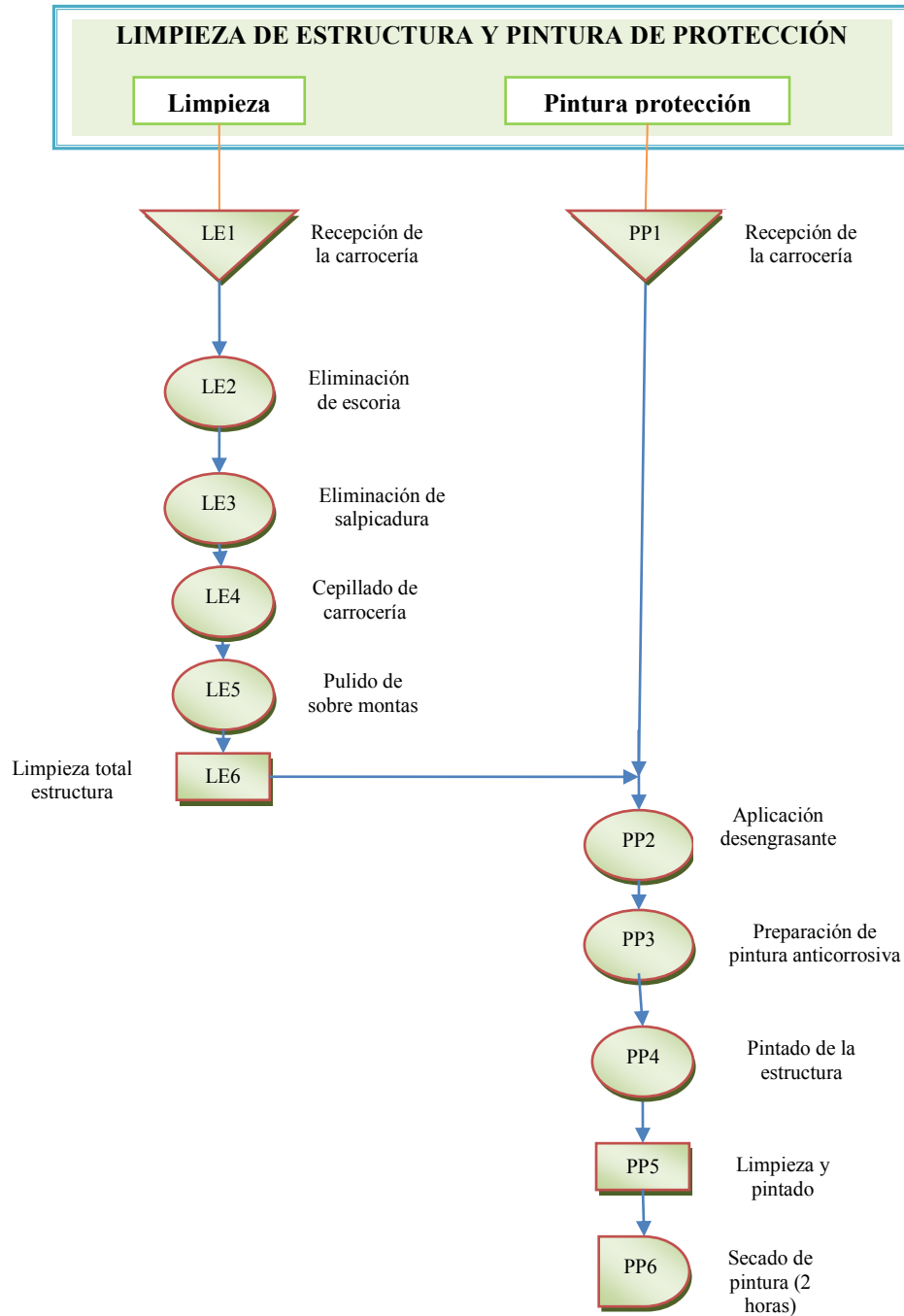


Figura N° 6.4: Diagrama de flujo limpieza de estructura y pintado de protección.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

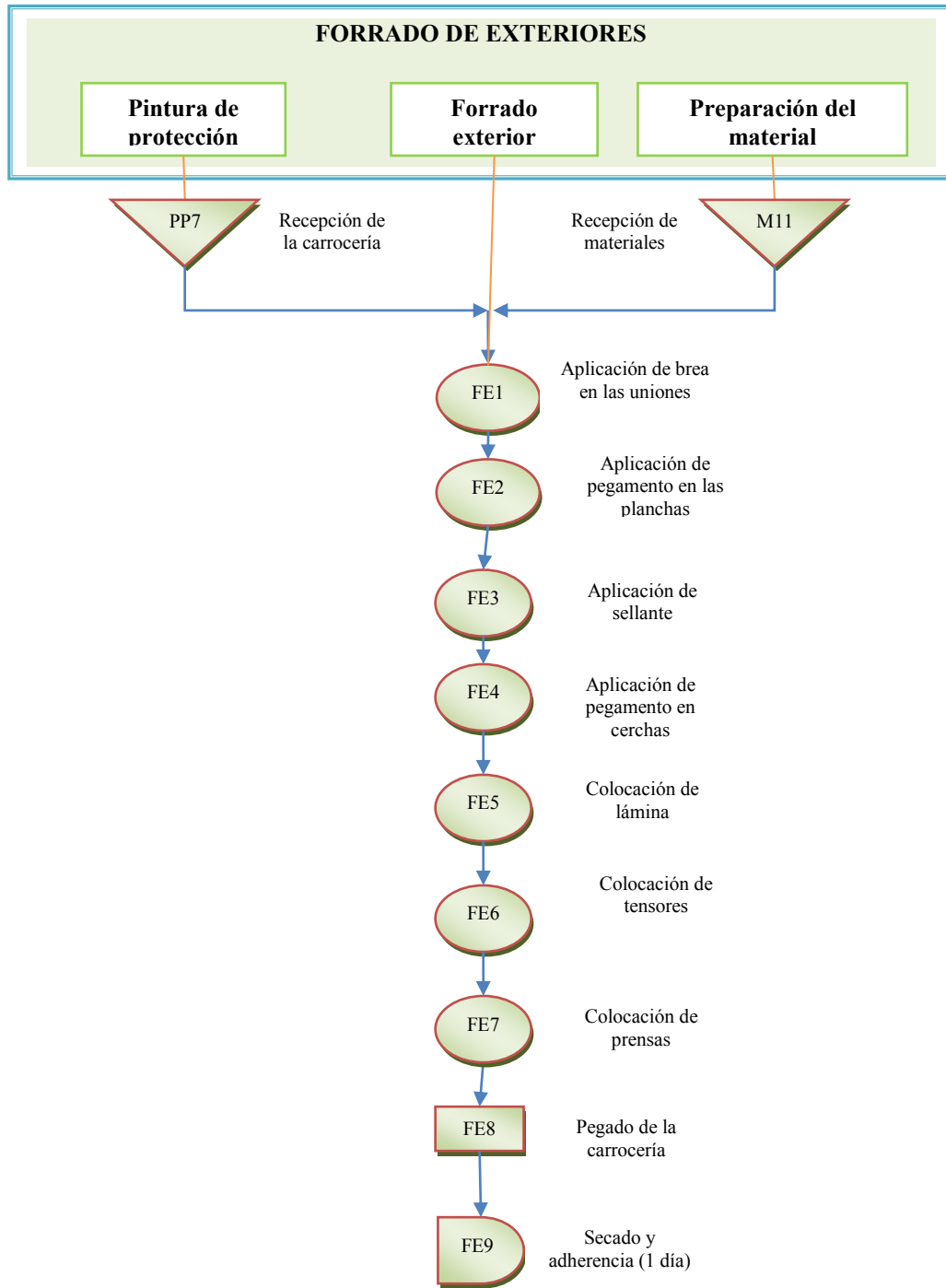


Figura N° 6.5: Diagrama de flujo forrado de exteriores.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

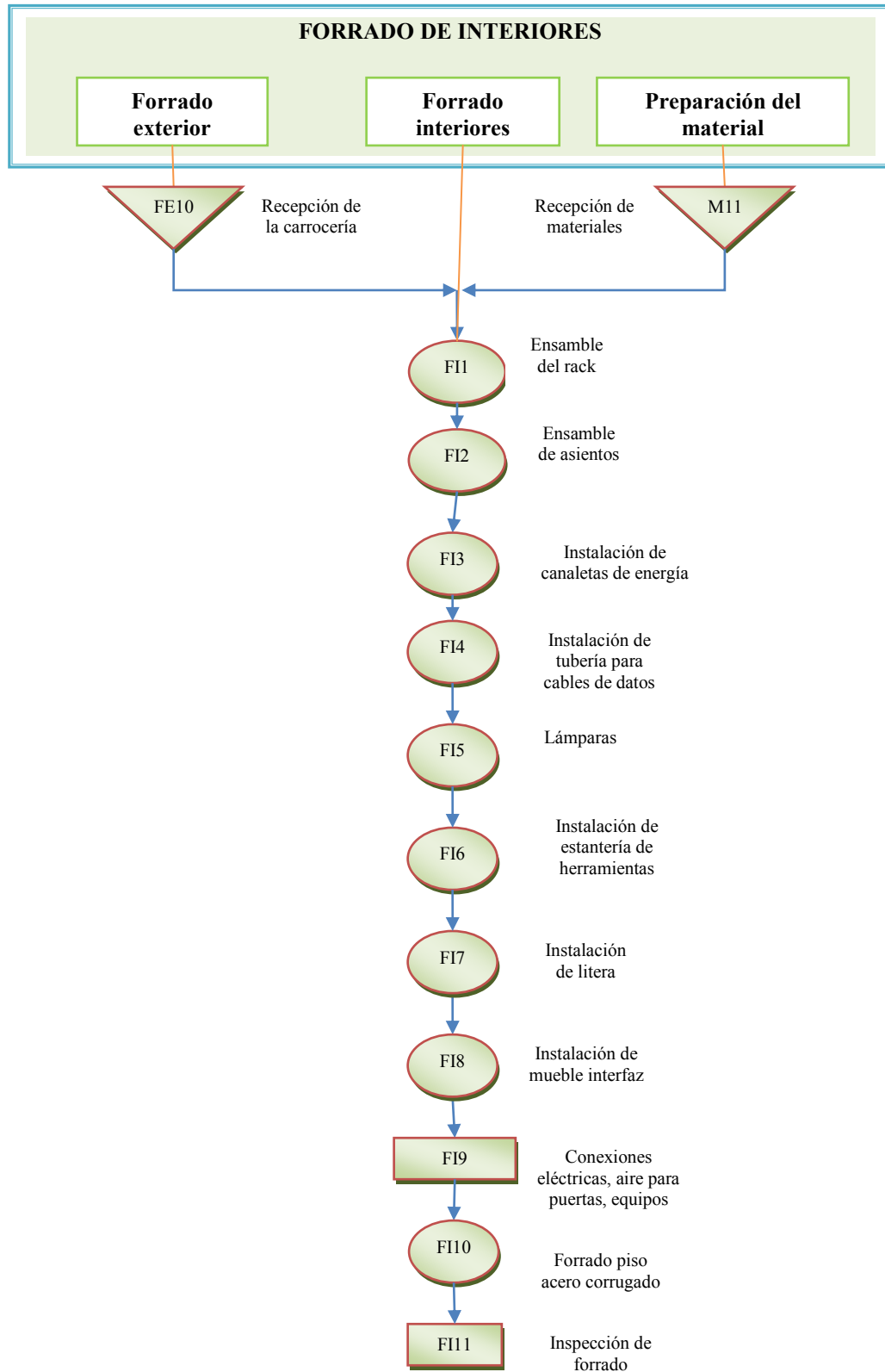


Figura N° 6.6: Diagrama de flujo forrado interior.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

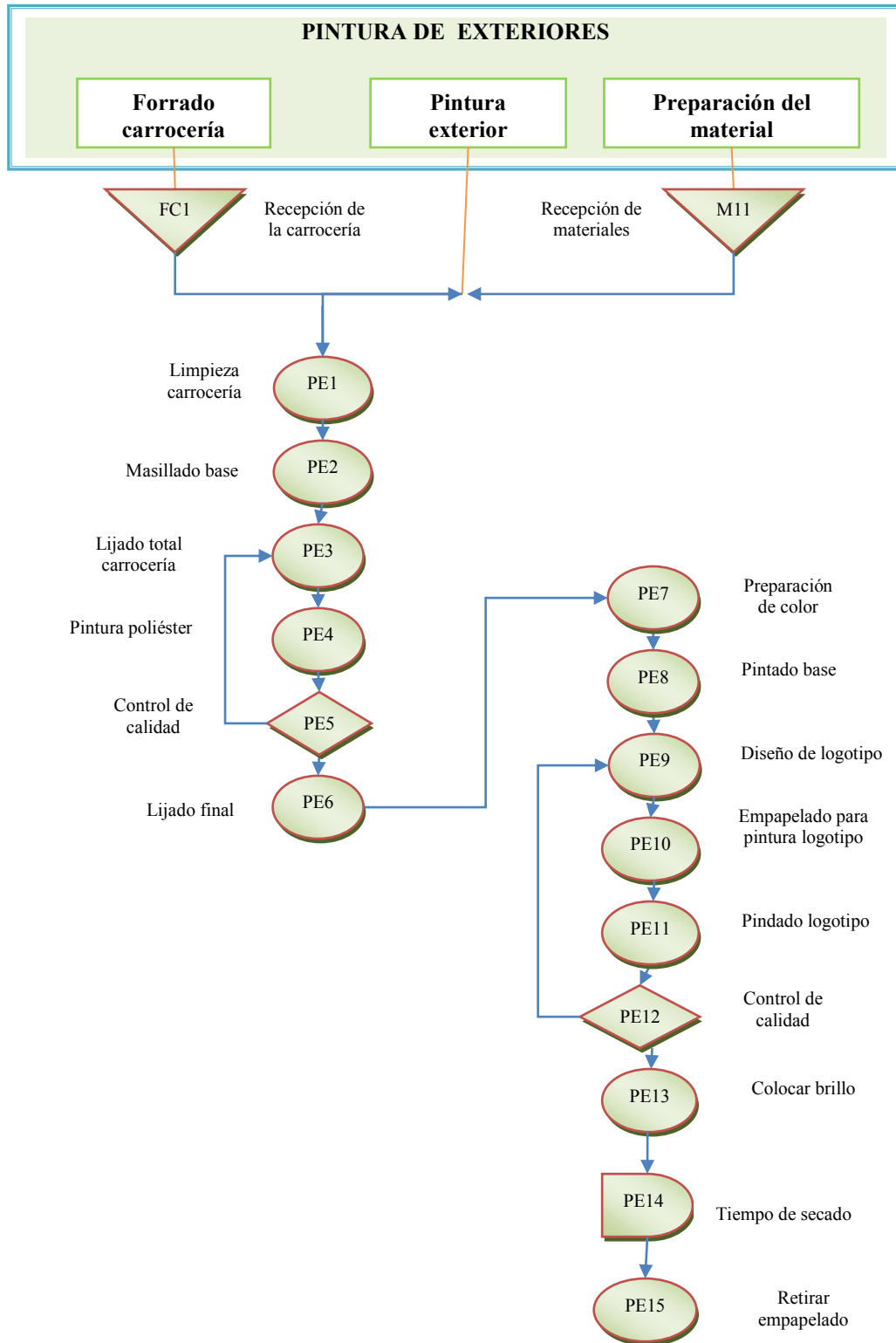


Figura N° 6.7: Diagrama de flujo pintado exterior.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

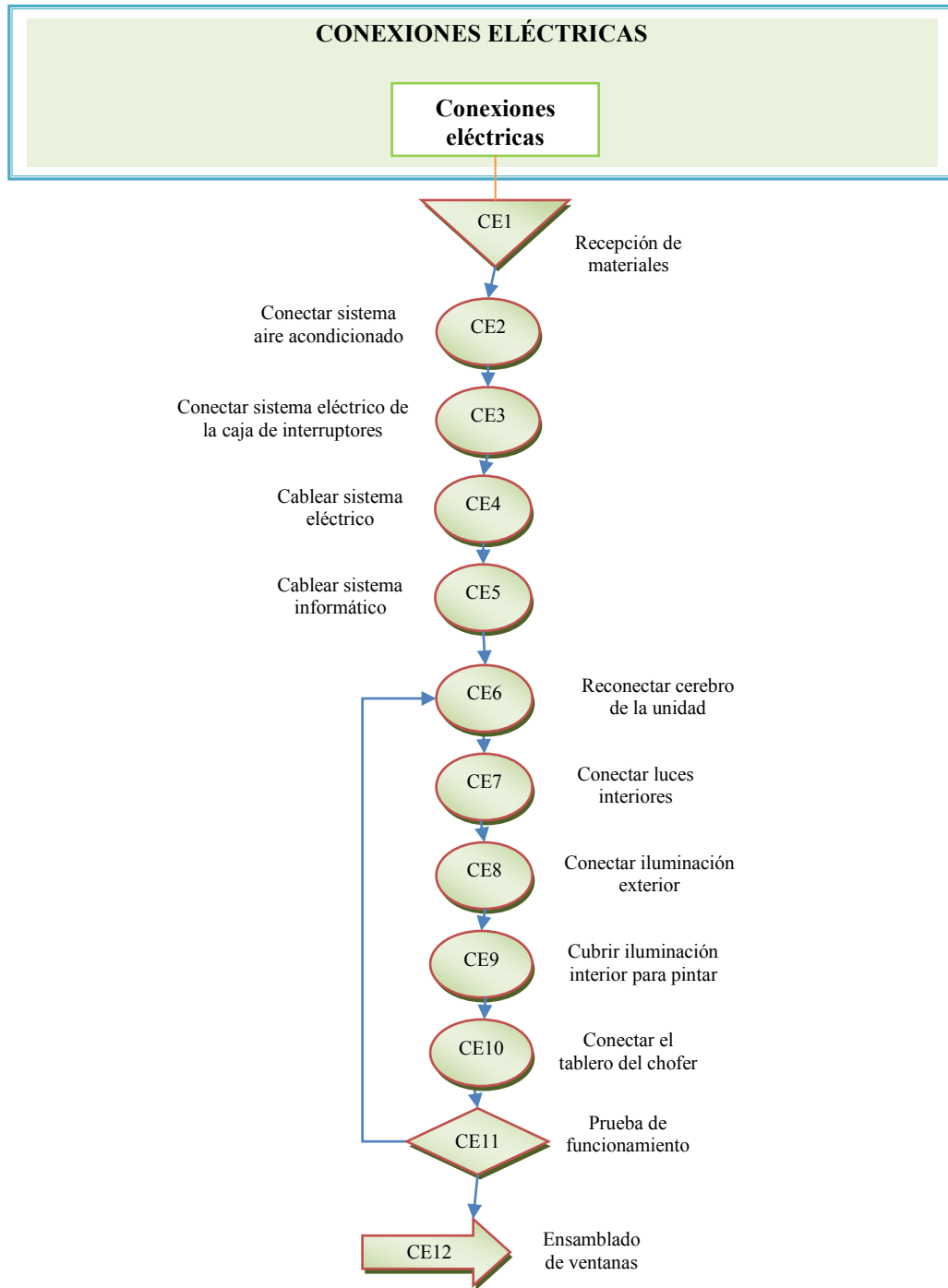


Figura N° 6.8: Diagrama de flujo conexiones eléctricas.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

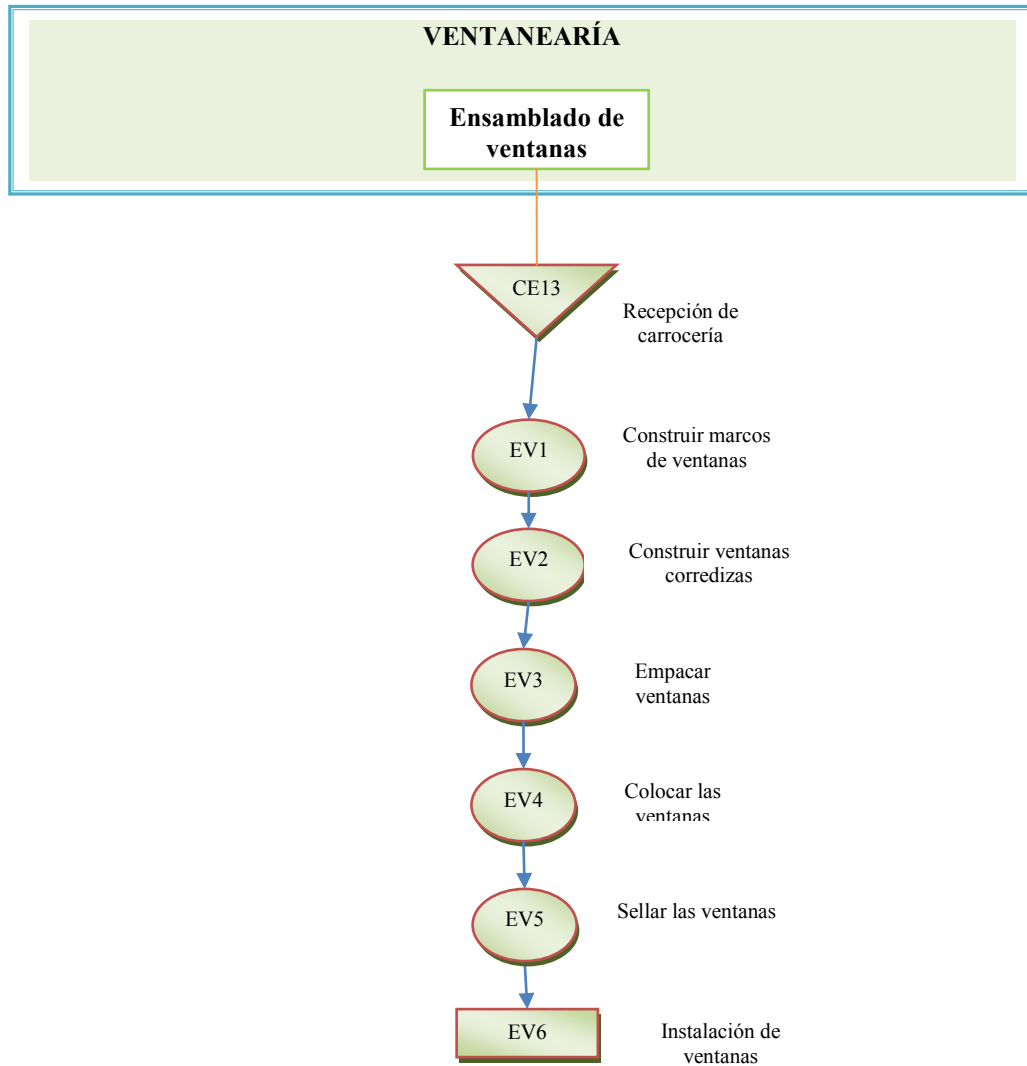


Figura N° 6.9: Diagrama de flujo ensablado de ventanas.

(Fuente: Realizado por el Autor.)

Considerando este proceso y mediante los diagramas de flujo se realizo el diseño estructural de la unidad que se encuentra en el Anexo 2 de planos de la EMCT, mediante la cual obtenemos los materiales que se requerirán para la construcción, con lo que podemos realizar el cálculo del costo del material enlistado en la siguiente tabla:

\



Tabla N° 6.2: Materiales estructurales.

Material	Cantidad							
	Apoyos (m)	Piso (m)	Lateral derecho (m)	Lateral izquierdo (m)	Posterior (m)	Techo (m)	Total	
							Metros	(Unidad/6m)
Tubo cuadrado 50X50X2	1	50,422			2,2		53,622	11
Tubo rectangular 60X40X2	4,32		1	6,6			11,92	4
Ángulo 50X50X2	11,808						11,808	4
Tubo rectangular 50X25X2		2,1	4,864	6,238		3,48	16,682	5
Canal 50X25X2		6,246					6,246	4
Canal 40X25X2		4,112					4,112	3
Tubo cuadrado 40X40X2		12,058	70,325	84,728	19,14	59,7	245,951	43
Canal 80X40X3		16,092					16,092	5
Tubo cuadrado 25X25X2			0,848				0,848	3
Tubo rectangular 40X20X2					16,126		16,126	5
Perfil omega 75X50X20X2						7,71	7,71	4
Tubo rectangular 100X50X3	20,52						20,52	6
Ángulo 40X40X2	16,25						16,25	5
Tubo rectangular 80X40X3	7,78	16,092					23,872	6
Perfil zeta 40X40X40X2						19,55	19,55	6

Fuente: Realizado por el Autor.

Los siguientes valores que se muestran en la tabla para el cálculo del costo de materiales son tomados de la tesis del Sr. Hidalgo Pérez Daniel Eduardo bajo el tema “ESTUDIO ESTRUCTURAL DEL BUS URBANO ENTRADA BAJA DE

ACUERDO A LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1323 PARA INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DE LA EMPRESA PICOSA.”, del año 2011 por lo que se realizó un ajuste de estos precios tomando en consideración la inflación de los costos que fue del 6.12% para el año 2013, con lo cual tenemos los precios que se enlistan en la siguiente tabla:

Tabla N° 6.3: Costo de los materiales

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (USD)</b>	<b>Costo total (USD) (Año 2012)</b>	<b>Costo total (USD) (Año 2013)</b>
Tubo cuadrado 50X50X2	11	23,18	254,980	283,334
Tubo rectangular 60X40X2	4	29,33	117,320	130,366
Ángulo 50X50X2	4	20,45	81,800	90,896
Tubo rectangular 50X25X2	5	25,18	125,900	139,900
Canal 50X25X2	4	15,33	61,320	68,139
Canal 40X25X2	3	15,22	45,660	50,737
Tubo cuadrado 40X40X2	43	17,69	760,670	845,257
Canal 80X40X3	5	55,35	276,750	307,525
Tubo cuadrado 25X25X2	3	13,2	39,600	44,004
Tubo rectangular 40X20X2	5	14,18	70,900	78,784
Perfil omega 75X50X20X2	4	55,43	221,720	246,375
Tubo rectangular 100X50X3	6	48,36	290,160	322,426
Ángulo 40X40X2	5	19,25	96,250	106,953
Tubo rectangular 80X40X3	6	35,18	211,080	234,552
Perfil zeta 40X40X40X2	6	20,36	122,160	135,744

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (USD)</b>	<b>Costo total (USD) (Año 2012)</b>	<b>Costo total (USD) (Año 2013)</b>
Plancha de acero, e=1mm, 1220X2440	16	30,5	488,000	542,266
Pintura laca aluminio	5	4,29	21,450	23,835
Pintura laca negro brillante 2	2	3,86	7,720	8,578
Pintura laca negro mate	3	4,51	13,530	15,035
Pintura poliuretano aluminio	0,5	54,49	27,245	30,275
Pintura poliuretano blanco	4,25	17,42	74,035	82,268
Pintura poliuretano gris claro	4,5	14,06	63,270	70,306
Pintura poliuretano negro	1	16,05	16,050	17,835
Pintura poliuretano vd claro	6,5	23,03	149,695	166,341
Pintura sintetico aluminio fin	2	4,02	8,040	8,934
Plancha aluminio corrugado 3mm	0,5	96,86	48,430	53,815
Plancha bobina alucink 1mm	925	1,14	1054,500	1171,760
Plancha expandida 1.5 mm	0,2	41,96	8,392	9,325
Plancha galvanizada 1.4mm	12	33,48	401,760	446,436
Plancha negra 0.9mm (1/25)	14	17,49	244,860	272,088
Plancha negra 2mm (1/12)	3,75	37,15	139,313	154,804
Plancha negra 3mm (1/8)	0,25	55,9	13,975	15,529
Platina 1 1/2x1/8	1	0,92	0,920	1,022
Platina 1 1/4x3/16	2,1	0,87	1,827	2,030
Platina 1/4x3/4	7,25	0,99	7,178	7,976
Platina 1/8x3/4	9	0,47	4,230	4,700
Platina 1x1/4	6	1,2	7,200	8,001













<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (USD)</b>	<b>Costo total (USD) (Año 2012)</b>	<b>Costo total (USD) (Año 2013)</b>
Platina 1x1/8	7,5	0,61	4,575	5,084
Sika korasolv cr	2,32	29,1	67,512	75,019
Sika lastomer salchicha	4	7,92	31,680	35,203
Sika primer 206 g+p	0,25	72,69	18,173	20,193
Sikaflex 221 gris salchicha	4	9,33	37,320	41,470
Sikaflex 221 gris tubo	6	5,6	33,600	37,336
Sikaflex 252 negro salchicha	63	11,08	698,040	775,662
Sikaflex 256 negro tubo	14	7,58	106,120	117,921
Angulo 1 1/2x1/4	1,7	3,56	6,052	6,725
Angulo 1 1/4x1/8	1,3	1,83	2,379	2,644
Angulo 1 1/2x1/8	3	1,83	5,490	6,100
Angulo 1x1/8	6	1,1	6,600	7,334
Claraboyas normales	2	98,21	196,420	218,262
Perfil 1166 marco ventana	6,4	2,75	17,600	19,557
Perfil 1184 negro	21,2	0,72	15,264	16,961
Perfil 1187 negro	22,4	0,85	19,040	21,157
Perfil 1328 natural filo grada	8,1	1,56	12,636	14,041
Perfil 1328 negro	19,2	1,59	30,528	33,923
Perfil 1727 negro	13,4	1,42	19,028	21,144
Perfil 1747 negro	2	0,71	1,420	1,578
Perfil 2468 natural plancha	10,4	0,52	5,408	6,009
Perfil tubo ovalado aluminio	19,2	2,23	42,816	47,577
			<b>8391,513</b>	<b>9324,649</b>

**Fuente:** Hidalgo, D. (2011). Estudio estructural del bus urbano entrada baja de acuerdo a la norma técnica ecuatoriana INEN 1323 para incrementar la competitividad de la empresa picosa. Pág. 48,

### 6.6.1.6 COSTO MANO DE OBRA

Para el cálculo del costo de mano de obra se tomo el resultado final del diagrama de proceso para la construcción de las carrocerías que se citan en la tesis del tema “Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato.”, el detalle del diagrama de proceso de construcción de la carrocería se encuentra en al anexo 1 y 2 de la tesis antes mencionada.

Tabla N° 6.4: Resumen del diagrama de proceso.

Resumen construcción carrocería		Resumen construcción carrocería	
BUS INTERPROVINCIAL		BUS-TIPO	
ACCIONES	PROPUEST.	ACCIONES	PROPUEST.
 Operación	823	 Operación	655
 Transporte	519	 Transporte	409
 Inspección	26	 Inspección	24
 operación comb.	6	 operación com b.	2
 Demora	71	 Demora	49
 Almacenaje	144	 Almacenaje	109
<b>Totales</b>	<b>1589</b>	<b>Totales</b>	<b>1248</b>
<b>Total Tiempo(min)</b>	<b>85024,3</b>	<b>Total Tiempo(min)</b>	<b>57169,4</b>
<b>Total Distancia(m)</b>	<b>15037</b>	<b>Total Distancia(m)</b>	<b>11196</b>

**Fuente:** Jaque, D., Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Pág. 99.

#### a) Estudio de tiempos empleados en la construcción de las carrocerías

Igual que en el anterior ítem se tomo los datos finales de la tesis de los tiempos de construcción de la unidad el proceso de obtención de estos fue el siguiente: “Para efectuar el estudio y establecer el tiempo tipo empleado en las diferentes operaciones, el número de observaciones realizadas fue de una vez por operación en cada tipo de carrocería, por lo que el proceso productivo se lo tuvo que dividir en operaciones para una mejor medición de tiempo, cabe indicar que no se aplico

la fórmula para determinar el número de ciclos a cronometrarse ya que el proceso es muy extenso y se realizaron mediciones de tiempo promedio para determinar el tiempo tipo, para la toma de datos se utilizó la lectura repetitiva o de vuelta a cero.

Mediante la información obtenida de los diagramas de proceso, como son los tiempos ejecutados, la secuencia de actividades y el uso adecuado del recurso humano, se ingresan al programa Microsoft Project de donde se obtiene el diagrama de Gantt, en el cual nos muestra la fecha de iniciación y terminación del proceso como el tiempo total de construcción de cada carrocería. De tal manera que para el modelo INTERCITY PREMIER el tiempo de construcción de 24,5 días laborables y para el modelo CITY PREMIER de 22,7 días laborables en la fabricación.”<sup>[48]</sup>, El detalle de estos tiempos se encuentra en el anexo 9 de la bibliografía citada.

Tabla N° 6.5: Tiempo de construcción del CYTY PREMIER.

<b>TIEMPOS DE TRABAJO POR UNIDAD</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Tiempo (días)</b>	<b>N° obreros</b>
Estructura	5	2
Frente posterior	2	2
Frente delantero	2	2
Laminación exterior	2	2
Laminación interior	2	2
Pintura anticorrosiva	1	2
Pintura exterior	2	2
Acabado	3	2
Vidriería	1,7	2
Iluminación	2	2
<b>Total</b>	<b>22,7</b>	

**Fuente:** Jaque, D., Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Pág. 100.

---

<sup>48</sup> Jaque, D., Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. Pág. 99, 100.

Para el cálculo de la mano de obra se tomo de lo expuesto en la siguiente tabla la cual toma los tiempos de la tabla 6.4 y con la ayuda del Microsoft Project obtiene el costo de la mano de obra utilizada en la carrocería “Cyty Premier”.

Tabla N° 6.6: Costo de construcción del CYTY PREMIER.

Estadísticas del proyecto 'City Premier actual'			
	Comienzo		Fin
Actual	lun 03/08/09		mié 02/09/09
Previsto	NOD		NOD
Real	NOD		NOD
Variación	0d		0d
	Duración	Trabajo	Costo
Actual	22,7d	1.481,98h	\$ 2.081,99
Previsto	0d?	0h	\$ 0,00
Real	0d	0h	\$ 0,00
Restante	22,7d	1.481,98h	\$ 2.081,99

**Fuente:** Jaque, D., Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma S.A. de la ciudad de Ambato. Pág. 128.

Cabe mencionar que estos costos se obtuvieron en el año 2009 por lo tanto se realizo un incremento porcentual debido al aumento del salario básico unificado hasta el presente año por lo tanto el costo de la mano de obra real es como se muestra en la siguiente tabla para el año 2013.

Tabla N° 6.7: Salarios básicos.

SALARIOS BÁSICOS UNIFICADOS						% DE CRECIMIENTO DEL 2009 AL 2013	
Años	2009	2010	2011	2012	2013	Crecimiento (%)	Salario (USD)
<b>Salarios (USD)</b>	218	240	264	292	318	<b>0,4587</b>	318

**Fuente:** Ecuador legal Ministerio de Relaciones Laborales. (2013). Recuperado:

<http://www.ecuadorlegalonline.com/laboral/salario-minimo-2013/>.

Tabla N° 6.8: Costo mano de obra año 2013.

<b>COSTO DE LA MANO DE OBRA PARA LA PRODUCCIÓN DE LA CARROCERÍA PARA EL AÑO 2013</b>	
<b>Año</b>	<b>Costo (USD)</b>
2009	2081,99
2013	<b>3037,031</b>

Fuente: Realizado por el Autor.

Mediante este análisis se llegó a determinar el costo de la mano de obra para la construcción de la carrocería que es como se indica en la Tabla 6.8. Los costos para la EMCT se tomaron como referencias del bus tipo por las siguientes razones comparados en la tabla siguiente:

Tabla N° 6.9: Comparación de materiales.

<b>MATERIAL</b>		
<b>MINIBUS</b>	<b>BUS TIPO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Tubo cuadrado 50X50X2	Tubo cuadrado 50X50X2	Comparten el mismo
Tubo rectangular 60X40X2	Tubo rectangular 70X50X3	
Ángulo 50X50X2	-----	
Tubo rectangular 50X25X2	Tubo rectangular 50X25X2	Comparten el mismo
Canal 50X25X2	Canal 50X25X2	Comparten el mismo
Canal 40X25X2	Tubo cuadrado 70X50X2	
Tubo cuadrado 40X40X2	Tubo cuadrado 40X40X2	Comparten el mismo
Canal 80X40X3	Tubo cuadrado 40X40X3	
Tubo cuadrado 25X25X2	Tubo cuadrado 25X25X2	Comparten el mismo
Tubo rectangular 40X20X2	Tubo rectangular 40X20X2	Comparten el mismo
Perfil omega 75X50X20X2	Tubo cuadrado 50X50X3	
Tubo rectangular 100X50X3	Tubo rectangular 100X50X3	Comparten el mismo
Ángulo 40X40X2	-----	
Tubo rectangular 80X40X3	Tubo rectangular 80X40X2	Muy próximo
Perfil zeta 40X40X40X2	Perfil zeta 50X50X50X2	Comparten el mismo
Plancha de acero, e=2mm,	Plancha de acero, e=2mm,	Comparten el mismo

Fuente: Realizado por el Autor.

Tabla N° 6.10: Capacidad número de pasajeros.

<b>Denominación</b>	<b>Capacidad total de pasajeros</b>
Bus tipo	Igual o mayor a 60
Minibus	Menor a 60

Fuente: Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 2205.C2010). Pág. 6.



Tabla N° 6.11: Posición y número de puertas.

<b>Tipo</b>	<b>Numero de puertas de servicio</b>	<b>Ubicación de puerta delantera</b>	<b>Ubicación puertas posteriores</b>
Minibus	1	Entre ejes	
	2	Delante del eje frontal	Entre ejes o detrás del eje posterior
Bus tipo	2 o 3	Delante del eje frontal	Una puerta posterior: entre ejes. Dos puertas posteriores: una entre ejes y otra detrás del eje posterior.

Fuente: Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 2205.C2010). Pág. 9.

En la Tabla 6.9 se puede observar que los materiales que utiliza para la construcción del bus tipo son muy similares en la construcción del minibus, mientras que al realizar comparaciones de la capacidad de carga de pasajero se puede observar que los dos pueden tener similares capacidades como se indica en la Tabla 6.10, mediante este análisis se eligió la toma de datos para el cálculo del costo de la mano de obra y su proceso de construcción ya que estas dos unidades son muy similares en el proceso de fabricación.

#### 6.6.1.7 COSTOS INDIRECTOS

Debido a costos empresariales de maquinaria, luz, agua, teléfono, local y extras se asume el 5% del costo total.

#### 6.6.1.8 COSTO TOTAL DE LA EMCT

Tabla N° 6.12: Costo de la unidad.

<b>COSTOS DE LA EMCT</b>				
<b>Equipamiento</b>	<b>Carrocería</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Indirectos 5%</b>	<b>Totales (USD)</b>
52238,95	9324,649	3037,031	3320,582	<b>67830,662</b>

Fuente: Realizado por el Autor.

Los costos enlistados en la tabla son calculados sin tomar en cuenta el IVA debido a que las entidades públicas no pagan este valor.

## 6.7 METODOLOGÍA

Para realizar la metodología de este proyecto, se ha establecido un proceso de diseño de la estación de mando y control en tierra móvil, mediante la siguiente estructura.

### Dimensionamiento de la unidad

Para realizar el dimensionamiento se tomo en cuenta los requerimientos de la entidad, las características con la que debe contar la estación, la cual se enlisto en la tabla, separado cada equipo en las áreas correspondientes para poder establecer el área total con la que se contara.

Con estos datos se establece las siguientes dimensiones y tomando en cuenta el percentil determinado en el capítulo 4 que es del P95, su distribución se encuentra en el anexo del plano de corte, según el chasis seleccionado en el mismo capítulo.

Tabla N° 6.13: Dimensionamiento de la EMCT.

Designación	Bodega	Equipos	Oficina	Área requerida
Alto (m)	1,8	1,8	1,8	1,8
Ancho (m)	2,2	2,2	2,2	2,2
Largo (m)	1,9	2,1	1,35	5,35

Fuente: Realizado por el Autor.

### Especificaciones de la construcción para la carrocería

Tabla N° 6.14: Materiales estructurales.

Denominación	Norma	Propiedades mecánicas (Kg/cm <sup>2</sup> )	Aplicaciones
Tubo galvanizado 40x40x2	JIS G3132 SPHT-1 ASTM A 569 ASTM A-36	Fy= 2531.05	Frontal, largueros, puertas, techo
Tubo galvanizado 50x50x2	JIS G3132 SPHT-1 ASTM A 569 ASTM A-36	Fy= 2531.05	Laterales, Parantes, piso

Tubo galvanizado 60x40x2	JIS G3132 SPHT-1 ASTM A 569 ASTM A-36	Fy= 2531.05	Frontal, Parantes, largueros
Tubo galvanizado 25x25x2	JIS G3132 SPHT-1 ASTM A 569 ASTM A-36	Fy= 2531.05	Puerta
Canal U galvanizado 50x25x2	JIS G3132 SPHT-1 ASTM A 569 ASTM A-36	Fy = 2551	Piso, laterales
Canal U galvanizado 80x40x2	JIS G3132 SPHT-1 ASTM A 569 ASTM A-36	Fy = 2551	Piso, laterales
Canal U galvanizado 40x40x2	JIS G3132 SPHT-1 ASTM A 569 ASTM A-36	Fy = 2551	Piso
Perfil Z galvanizado 40x40x40x2	JIS G3132 SPHT-1 ASTM A 569 ASTM A-36	Fy = 2551	Larguero de techo
Plancha galvanizado e=2mm	JIS G3132 SPHT-1 ASTM A 569 ASTM A-36	Fy = 2551	Tacho, soportes Parantes

**Fuente:** Realizado por el Autor.

Las especificaciones de la carrocería para vehículo de transporte escolar de la norma RTE INEN 041, de la cual se guio para el diseño de la estación la cual se localizan en los respectivos planos estructurales de apoyo, piso, laterales derecho e izquierdo, transversal, de techo, llegando a establecer el plano de comercialización que es el diseño final que se encuentran en el anexo.

### **Posiciones de confort**

Una vez de haber llegado al diseño final es necesario establecer las posiciones de confort la cual se encuentra en el plano de corte del anexo y se ha realizado una comparación según la norma NTP 226 de mandos ergonómicos de diseño, también mediante el libro de la escuela colombiana de ingeniería de diseño antropométrico de trabajo, las cuales están detalladas en el capítulo 4 de este estudio, con lo cual podemos decir que el diseño esta y cumple las normas de diseño ergonómico.

Tabla N° 6.15: Puesto de trabajo sentado.

<b>Designación</b>	<b>Dimensiones (cm) según normas</b>	<b>Dimensiones (cm) según diseño</b>
Altura del asiento	35-52	50
Profundidad el asiento	38-40	38.3
Ancho del asiento	40-45	44
Ancho del respaldo	30-35	33
Altura del soporte lumbral	20-30	30
Espacio para las piernas	70	93
Altura de la superficie de trabajo	74-78	74
Grosor de la superficie de trabajo	No mayor a 3	3
Espacio para los muslos	23-36	25,7
Altura máxima para controles de uso frecuente	25-29,5	290

**Fuente:** Realizado por el Autor.

Tabla N°6.16: Ángulos de visión al tablero de mando.

<b>Designación</b>	<b>Ángulos (Grados) según normas</b>	<b>Ángulos (Grados) según diseño</b>
Rotación máxima de ojo positivo.	0-25	25
Rotación óptima del ojo.	0-30	28
Rotación máxima de ojo negativo.	0.35	35
Rotación de la primera pantalla.	20-50	45
Rotación del teclado	0-15	10
Rotación de la última pantalla.	0-20	20
Línea de visión horizontal.	0	0
Línea de visión normal.	15	15
Distancia máxima del hombro al B.	100cm	748
Distancia mínima del tablero	35cm	34.5
Distancias mínima nalga-pared.	65cm	99.3

**Fuente:** Realizado por el Autor.

## 6.8 ADMINISTRACIÓN

En esta sección se redacta en una tabla con los valores económicos, los cuales se presentaron durante el desarrollo de ésta investigación:

Tabla N°6.17: Costo de la investigación.

Ítem	Detalle	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
1	Personal	1	50	50
2	Sonómetro	1	250	250
3	Luxómetro	1	80	80
4	Medidor de temperatura	1	100	100
5	Materiales de oficina	1	50	50
6	Transporte	1	70	70
7	Bibliografía	1	50	50
8	Anillado	10	1	10
9	Calibrador	1	30	30
10	Cámara	1	180	180
11	Flexómetro	1	8	8
12	Transcripciones	1	30	30
13	Impresiones	10	30	300
<b>Subtotal</b>				1208
<b>Imprevistos (10%)</b>				120,8
<b>Total</b>				1328,8

Fuente: Realizado por el Autor.

## 6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Una vez de haber finalizado la presente investigación, el mismo que fue realizado el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana de la ciudad de Ambato, se sugiere tomar en consideración todas las conclusiones y recomendaciones citadas en el capítulo cinco, con el fin de poder garantizar el diseño ergonómico, debido que las normas se han adoptado de acuerdo a nuestras necesidades.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allan, H. (2004). Evaluación de riesgos físicos. Argentina.
- AREF. A, Fernández. W. (2007). Ergonomía. Argentina. Recuperado de: <http://www.prevencion.wordpress.com>.
- Barrientos, Cerro, Gutiérrez, Rossi, Martínez. (Ed.). (2007). Arquitectura de control de vehículos aéreos no tripulados. Madrid: Editorial Vampiria.
- Daniel, G, & Verdejo, E. (2008) S.S.I. Control de un vehículo aéreo no tripulado. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Estrada, M. (1998). Parámetros antropométricos de la población laboral Colombiana 1995 (acopla 95).
- Falagán, M. Canga, A. Ferrer, P. Fernández, J. (Ed. Primera). (2000). Manual básico de prevención de riesgos laborales. Austria. Recuperado de: <http://www.laseguridad.ws>.
- Grado de Ingeniería en Tecnología Industrial. Organización de empresas industriales. Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón.
- Icaza, A. (2007). Diseño y construcción de un prototipo de asiento ergonómico para buses interprovinciales. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. Reglamento técnico Ecuatoriano RTE INEN 041:2010. Vehículo de transporte escolar.
- Jaque, D. & Morales, A. (2010). Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa Varma s.a. de la ciudad de Ambato. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.
- Lino, E. (2011). Evaluación de los riesgos físicos y mecánicos en la empresa navacero S.A. Planta Lasso para mejorar el ambiente laboral. Ecuador.
- Machuca Domínguez, J. A. (Editorial Mc. Graw Hill.). (1995). Dirección de operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios.
- Manual de Centros Europeos Innovadoras de la comunidad Valencia (CEEI CV). (2008). Distribución en planta 19. Valencia. Recuperado de: <http://www.comunidadilgo.org/portal/manualespyme/Distribuci%C3%B3n%20en%20Planta.pdf>.



- Marco, A, & Pena B. (2007) Estación de seguimiento SKY-EYE para UAVs:
- Márquez, D. (2004). Introducción a la medición de vibración. Venezuela.
- Martin, M. (2004). UCLA Labor Occupational Safety & Health Program LOSH. New York. U.S.A. Recuperado de: [http://www.losh.ucla.edu/losh/resources-ublications/.../ergo\\_spanish.pdf](http://www.losh.ucla.edu/losh/resources-ublications/.../ergo_spanish.pdf)
- Mecanismo de georeferenciación y ortorectificación de imágenes aéreas. Universidad Politécnica de Catalunya, Catalunya, España.
- Michalski, S. (1997). Instituto Canadiense de Conservación. 1030 Innes Rd. Ottawa DIA OMS Canada.
- Mideplan. (2009). Guías para la elaboración de diagrama de flujo. Recuperado de: <http://documentos.mideplan.go.cr/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/6a88e4be4-da9f-4b6a-b366-425dd6371a97/guia-elaboracion-diagramas-flujo-2009.pdf>
- Norma Mexicana. NOM-025-STPS-2008.condiciones de iluminación en los centros de trabajo.
- Norma NTP 322. Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT.
- Norma NTP 601. (2000). Evaluación de las condiciones de trabajo.
- Panero, J. Zelnik M. (1991). Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Estándares antropométricos. México: Ed. G. Gili., ISBN: 968-887-328-4
- Pierre, M. (2000).Distribución en planta. Ediciones Deusto. Serie B. Tomo 1.
- Real decreto 286/2006. (2006). Guía práctica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. España.
- Rodellar, A. (2009). Seguridad e Higiene en el Trabajo. Recuperado de <http://www.uta.com/e-libro/calidad+ambiente=aie+@%287hbpr33517%29%29>
- San Martin Gutiérrez. (2005-2006). Estudio de diseño estructural: Orlando. U.S.A. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos6/dies.shtml>.
- Shcroeder, R. (Editorial Mc. Graw Hill.).Administración de operaciones. Toma de decisiones en la función de operaciones.

- Shigley, E, & Charles, R. (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Editorial: Mcgraw-hill. Octava edición.
- Villasis, B. (2013). Instituto de Estadística y Censos (NEC). Recuperado de: [www.inec.gob.ec](http://www.inec.gob.ec): [www.ecuadorencifras.com](http://www.ecuadorencifras.com).





# ANEXOS

**Anexo 1. Ficha para la entrevista.**

 <p><b>FICM</b> ENTREVISTA</p>	<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b></p> <p><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b></p> <p><b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p>	 <p><b>CIDFAE</b> CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO REG: EMCT-001</p>
<b>ENTREVISTADO:</b>	<b>ENTREVISTADOR:</b>	<b>FECHA:</b>
<b>OBJETIVO DE ESTUDIO:</b> Actividades en la estación de mando y control en tierra.		
<b>Preguntas</b>	<b>Interpretación - Valoración</b>	
¿Qué tipo de estación de control utilizan para las aeronaves?		
¿Cuáles son las principales falencias de la estaciones de control existente en cuanto a su estructura?		
¿El personal se siente en un ambiente de trabajo cómodo al realizar las operaciones de monitoreo y control de los aviones?		
¿Existe daños en los equipos que se encuentran en el interior de la estación de control?		
¿La actual configuración estructural interna de la Estación de Mando y Control en Tierra (EMCT) es la apropiada para el personal?		
¿Qué requerimientos ergonómicos necesitan que cumpla la estación de control?		
¿Qué días se realiza las pruebas de vuelo y cuanto dura?		
¿Cuánto influye para el cumplimiento del cronograma de trabajo?		
¿En qué lugares normalmente se encuentra ubicada la estación al momento de realizar las pruebas?		

**Anexo 2. Ficha para la encuesta.**

 <p><b>ENCUESTA</b></p>	<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b></p> <p><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b></p> <p><b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p>	 <p><b>REG: EMCT-002</b></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Encuesta sobre el lugar de estación de mando y control en tierra y la influencia en la comodidad del personal que opera dicha estación. Encuesta dirigida al personal del CID-FAE que opera la estación de mando y control en tierra.

**Objetivo:**

Determinar las características estructurales y ergonómicas que debe contar una estación de mando y control.

**Instrucciones:**

Para contestar las siguientes preguntas, escoja la opción que crea la más acertada a su criterio.

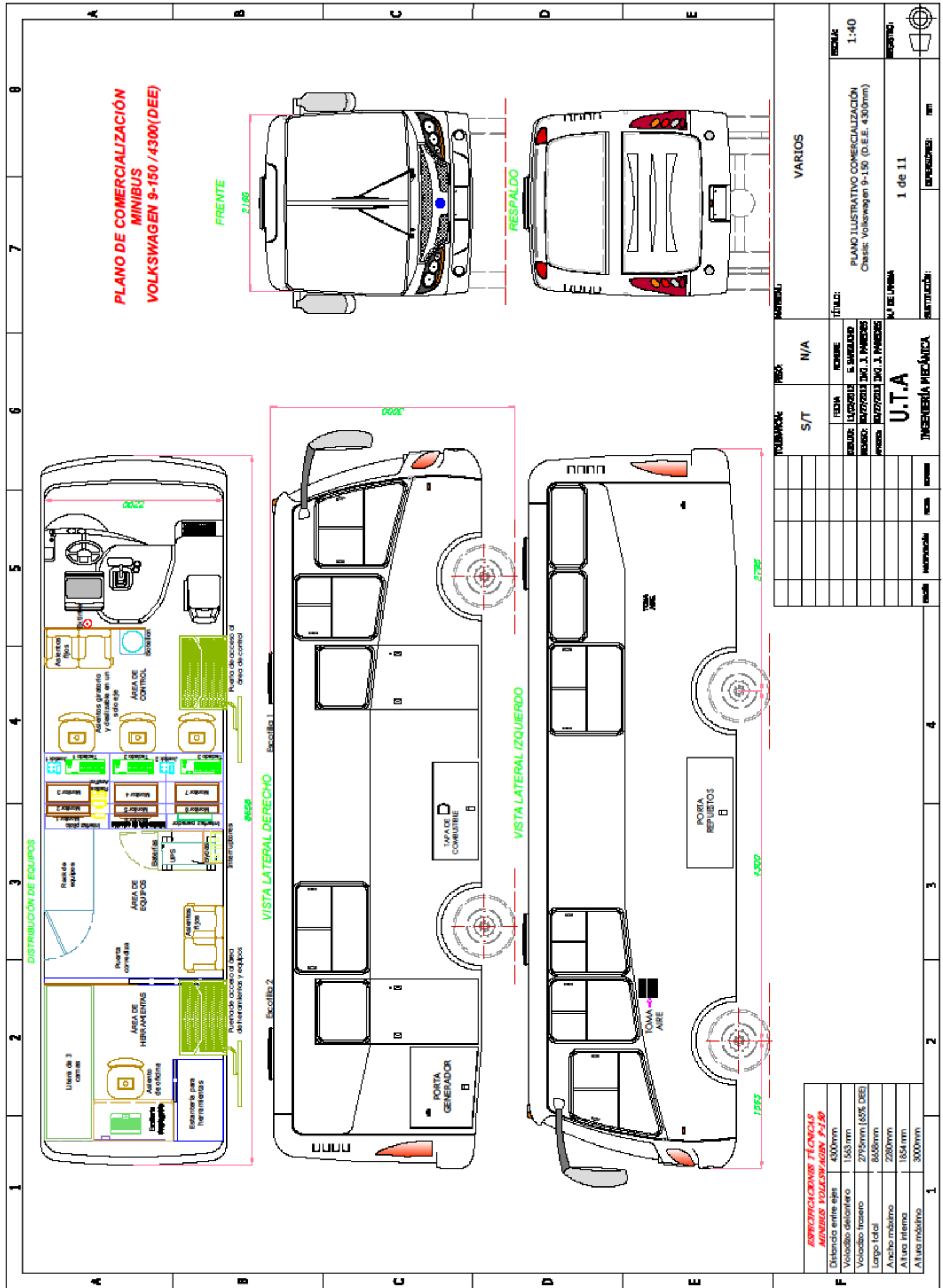
PREGUNTAS	SI	NO	NINGUNA
1.- ¿Se necesita una estación de control específicamente para las aeronaves?			
2.- ¿Es recomendable realizar modificaciones a la estación de control de los dirigibles para que funcionen como una estación para los aviones?			
3.- ¿Se ha tenido accidentes por falta de aislamiento es decir lluvia, altas temperaturas, humedad, vibraciones?			
4.- ¿Los espacios internos están distribuidos de acuerdo a sus necesidades?			
5.- ¿La ubicación de los equipos es la apropiada para no tener interferencia entre sí?			
6.- ¿La actual estación de control está diseñada para recorrer caminos de poco acceso sin que los equipos sufran daños o causen daños a terceros?			
7.- ¿Se puede controlar las condiciones de trabajo es decir temperatura, humedad, ventilación o cambio de aire?			
8.- ¿La estructura de las pantallas es cómoda en cuanto al movimiento que requieren realizar?			
9.- ¿Esta estación permite facilidad de acceso para realizar mantenimiento a los diferentes sistemas como de energía, aire acondicionado y equipos informáticos?			

**“GRACIAS POR SU COLABORACIÓN”**

**Anexo 3. Guía de observación.**

 <p><b>OBSERVACIÓN: EMCT</b></p>		<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b></p> <p><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b></p> <p><b>CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA</b></p>		 <p><b>REG: EMCT-003</b></p>	
<b>Elaborado por:</b>			<b>Fecha:</b>		
<b>Indicadores</b>	<b>Si cumple</b>	<b>No cumple</b>	<b>Observaciones</b>		
EMCT para UAVs.					
Ambiente cómodo y seguro (Norma NTP 322).					
Diseño estructural interno ergonómico (Norma NTP 601).					
Aislamiento térmico.					
Aislamiento contra vibración en la estructura interna (Real Decreto 1311/2005).					
Distribución de espacios (Norma ISO 11064-4).					
Normas ergonómicas y de seguridad.					
Protección contra agentes externos.					

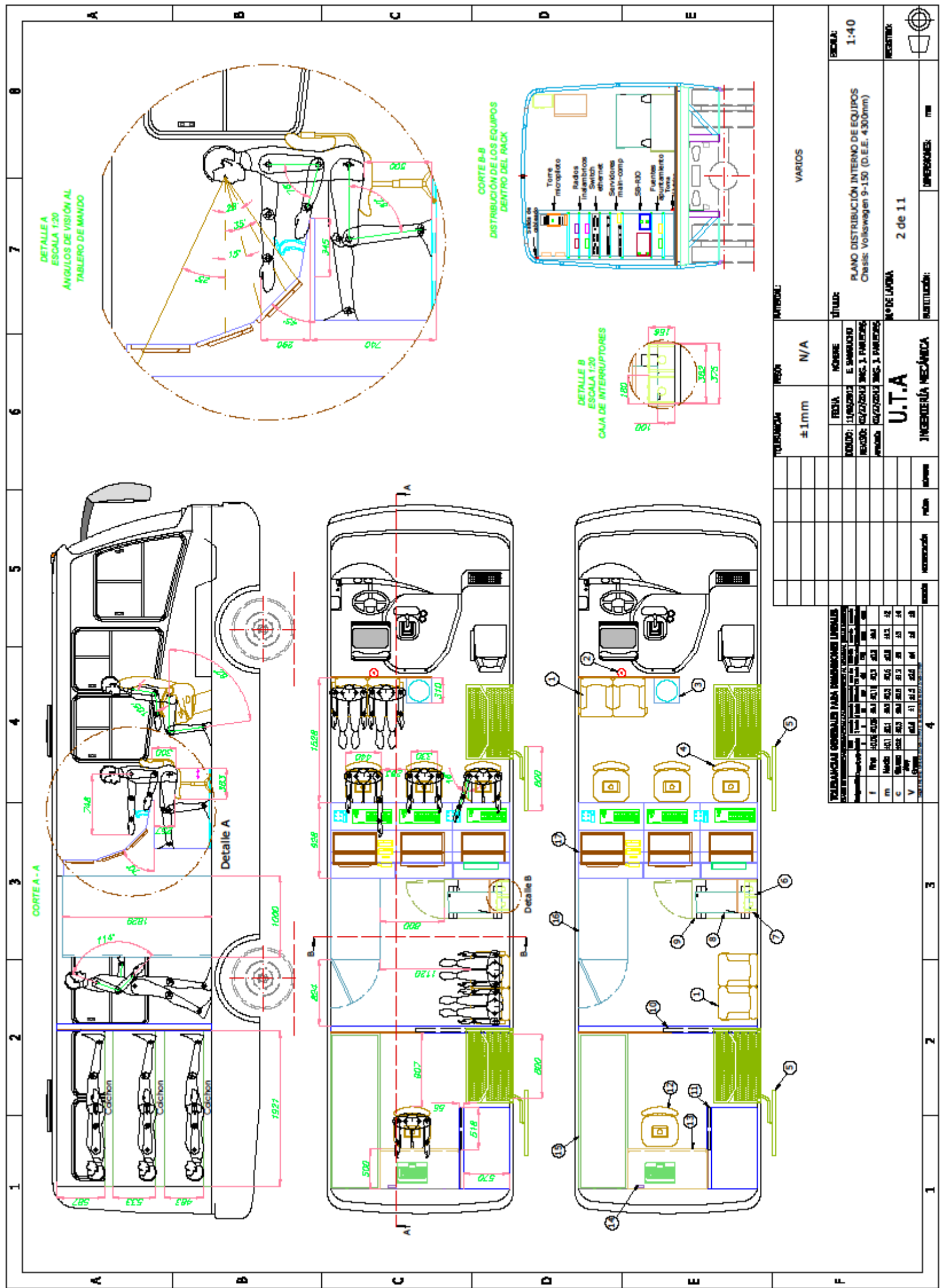
**Anexo 4. Planos de la estructura de la EMCT.**



**ASOCIACIONES TÉCNICAS  
MINIBUS VOLKSWAGEN P-150**

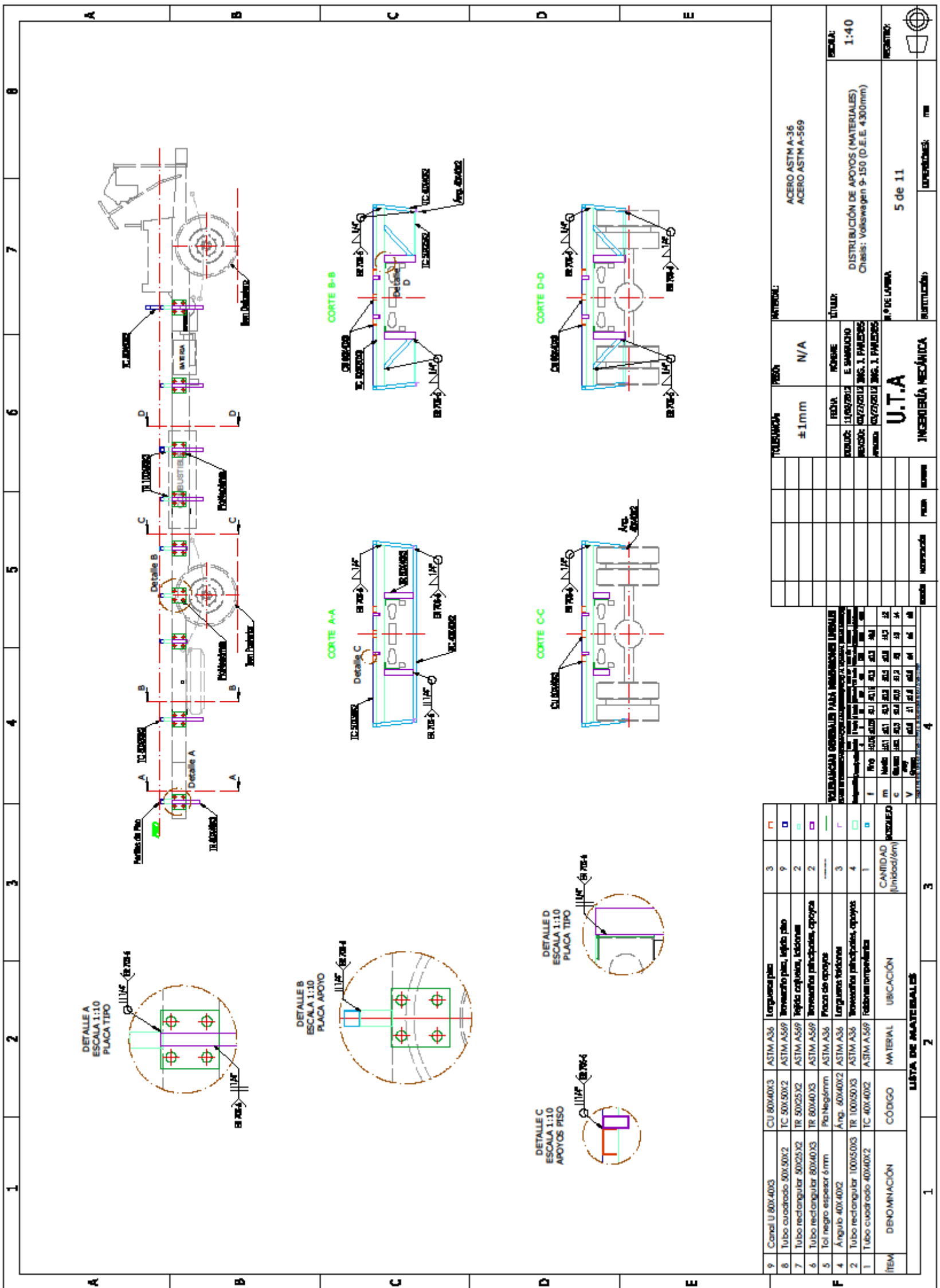
Distancia entre ejes	4300mm
Voladito delantero	1563mm
Voladito trasero	2795mm (60% DEE)
Largo total	8658mm
Ancho máximo	2280mm
Ancho inferior	1854mm
Altura máximo	3000mm

FECHA	REVISIÓN	TÍTULO	ESCALA
14/05/2013	1. SARGENTO	PLANO ILUSTRATIVO COMERCIALIZACIÓN	1:40
04/07/2013	ING. J. PARRALES	Chasis: Volkswagen 9-150 (D.E.E. 4300mm)	
04/07/2013	ING. J. PARRALES	N.º DE LÍNEA	1 de 11
U.T.A		SUBSTITUCIÓN:	mm
INGENIERÍA MECÁNICA		EXEQUENTE:	









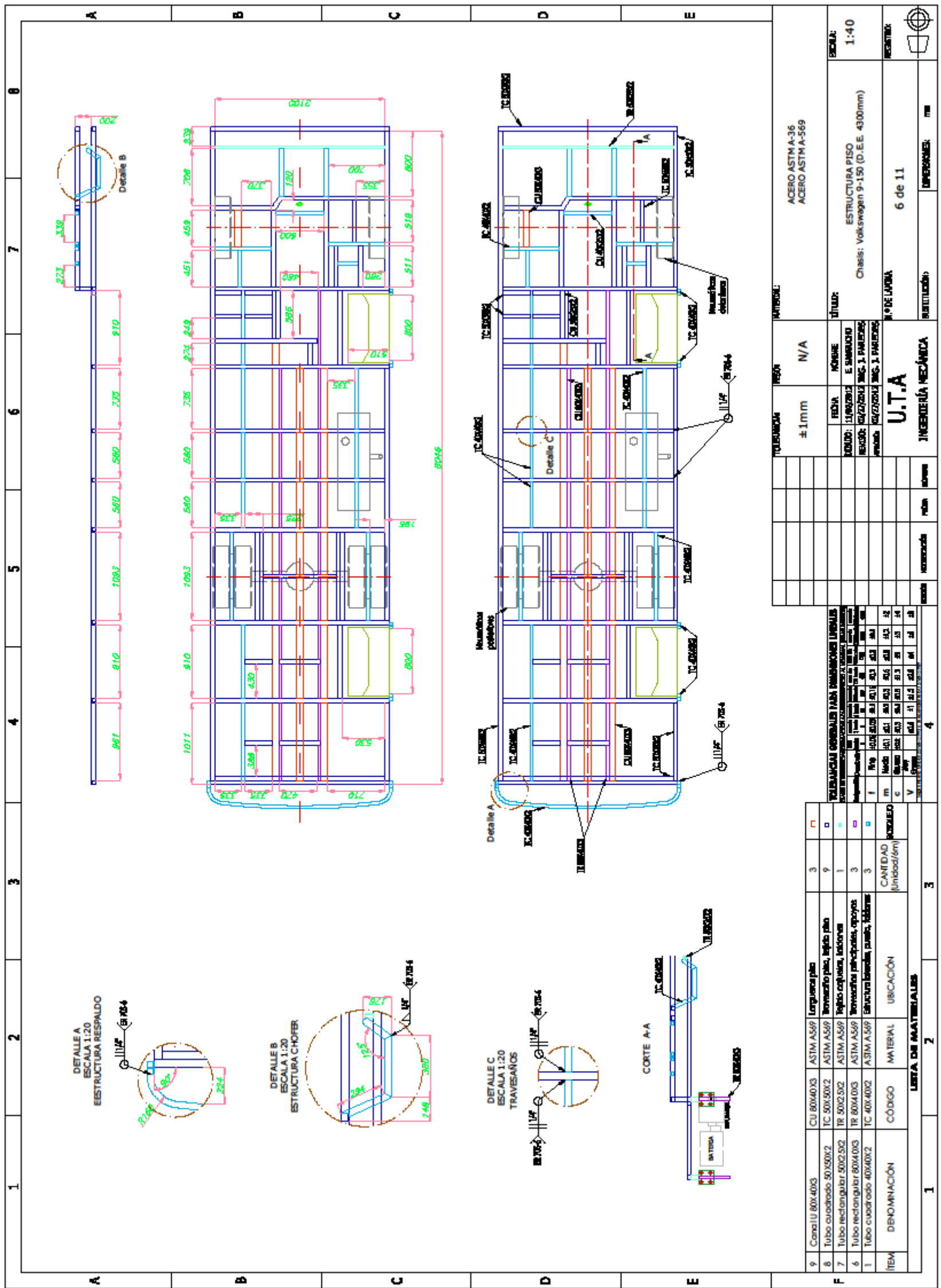
ITEM	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	MATERIAL	UBICACIÓN	CANTIDAD (Unidad/lin)	ACERQUE
9	Canal U 80x40x3	CU 80x40x3	ASTM A36	Longitudes para	3	<input type="checkbox"/>
8	Tubo cuadrado 50x50x2	TC 50x50x2	ASTM A569	Travesaños para, leídas piso	9	<input type="checkbox"/>
7	Tubo rectangular 50x25x2	TR 50x25x2	ASTM A569	leídas capiteles, lecturas	2	<input type="checkbox"/>
6	Tubo rectangular 80x40x3	TR 80x40x3	ASTM A569	Travesaños principales, apoyos	2	<input type="checkbox"/>
5	Tel negro espesor 6mm	Pro Negro 6mm	ASTM A36	Placa de apoyo	3	<input type="checkbox"/>
4	Ángulo 40x40x2	Áng. 40x40x2	ASTM A36	Longitudes lecturas	4	<input type="checkbox"/>
2	Tubo rectangular 100x50x3	TR 100x50x3	ASTM A36	Travesaños principales, apoyos	4	<input type="checkbox"/>
1	Tubo cuadrado 40x40x2	TC 40x40x2	ASTM A569	lecturas horizontales	1	<input type="checkbox"/>
TOTAL					CANTIDAD	ACERQUE
					(Unidad/lin)	
LISTA DE MATERIALES					3	

TOLERANCIA	RESA	RESA	RESA	RESA	RESA	RESA	RESA	RESA	RESA	RESA
±1mm	N/A									

PROYECTO	FECHA	PROYECTISTA	REVISOR	APROBADO
11/02/2013		E. SANCHEZ		
10/27/2013		M.G. J. PARRALES		
10/27/2013		M.G. J. PARRALES		

MATERIAL	TOLERANCIA	RESA	RESA	RESA	RESA	RESA	RESA	RESA	RESA	RESA
ACERO ASTM A-36										
ACERO ASTM A-569										

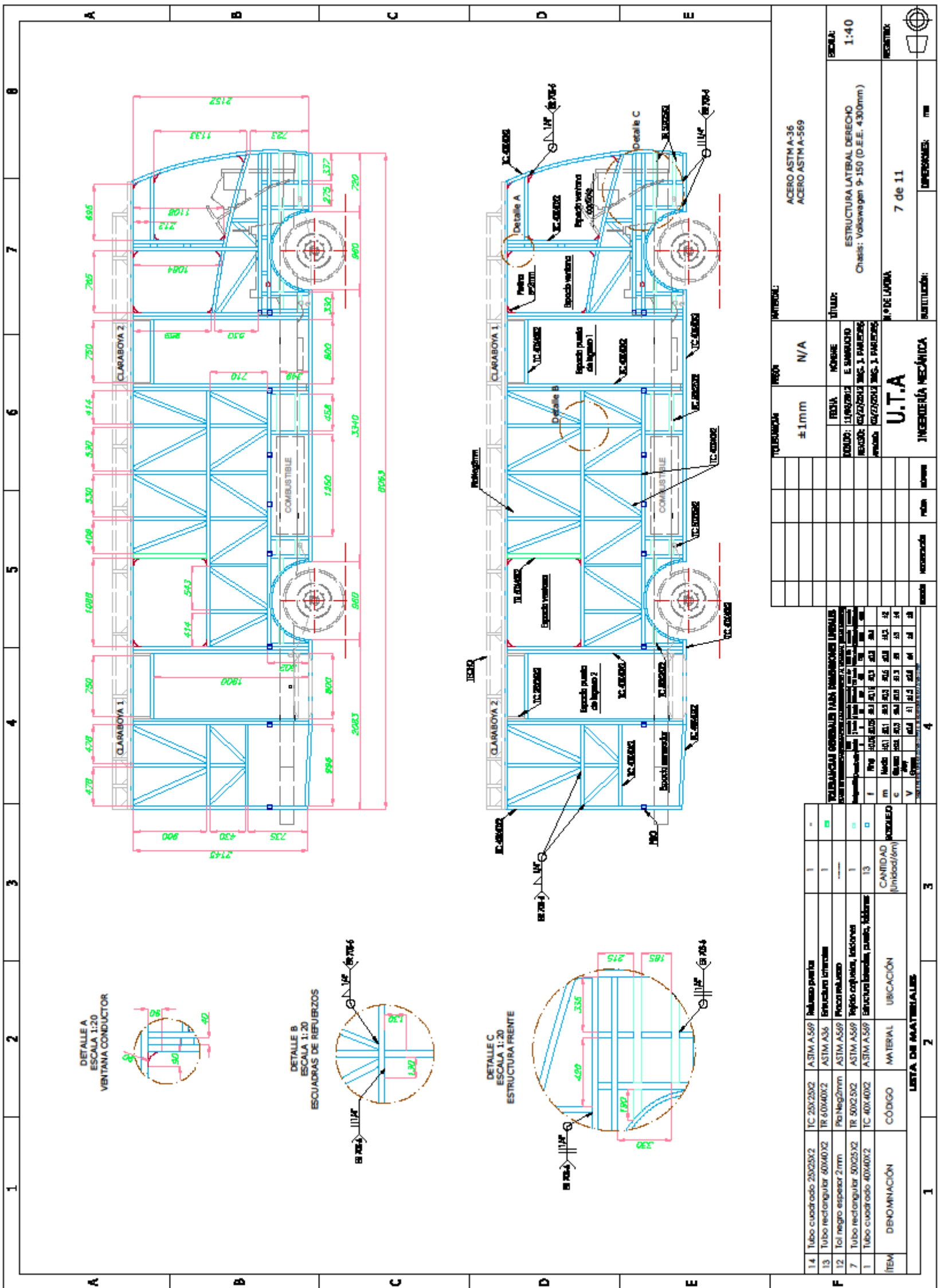
ESCALA: 1:40  
 DISTRIBUCIÓN DE APOYOS (MATERIALES)  
 Chasis: Volkswagen 9-150 (D.E.E. 4.300mm)  
 5 de 11  
 INGENIERÍA MECÁNICA



PROYECTO	FECHA	REVISIÓN	FECHA	REVISIÓN

PROYECTO	FECHA	REVISIÓN	FECHA	REVISIÓN

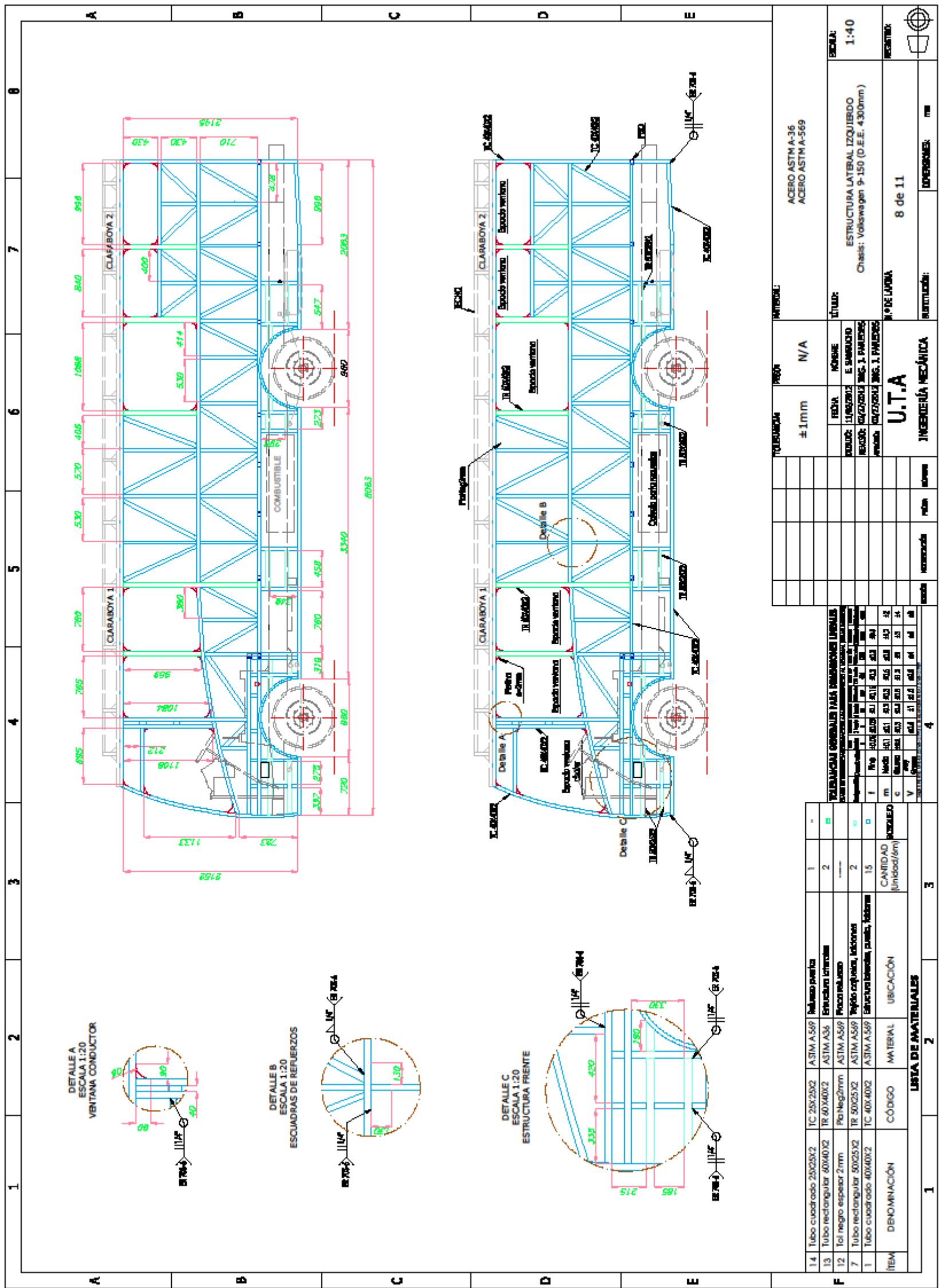
PROYECTO	FECHA	REVISIÓN	FECHA	REVISIÓN



TOLERANCIA	±1mm	PROVA	N/A	MATERIAL	ACERO ASTM A-36 ACERO ASTM A-569
FECHA	11/02/2012	PROVA	KORNER	ETIQUETA	ESTRUCTURA LATERAL DERECHO
PROYECTO	11/02/2012	PROVA	E. SANCHEZ	PROYECTO	Chassis: Volkswagen 9-150 (D.E.E. 4300mm)
REVISOR	10/27/2011	PROVA	MIG. J. PARRON	PROYECTO	10/27/2011
PROYECTO	10/27/2011	PROVA	MIG. J. PARRON	PROYECTO	10/27/2011
<b>U.T.A</b>				N.º DE LÁMINA	7 de 11
<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>				REDUCIÓN:	mm

ITEM	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	MATERIAL	UBICACIÓN	CANTIDAD (Unidad/ln)	PROYECTO
14	Tubo cuadrado 25x25x2	TC 25x25x2	ASTM A 569	Relieve punta	1	
13	Tubo rectangular 60x40x2	TR 60x40x2	ASTM A 569	Estructura lateral	1	
12	Tal negro espesor 2mm	Pln Negro 2mm	ASTM A 569	Punto refuerzo	1	
7	Tubo rectangular 50x25x2	TR 50x25x2	ASTM A 569	Tejido capoteo, laceros	13	
1	Tubo cuadrado 40x40x2	TC 40x40x2	ASTM A 569	Estructura lateral, punta, laceros	13	
<b>CANTIDAD (Unidad/ln)</b>						
m	Medio	101	51	50	50	42
c	Centro	101	51	50	50	42
v	Vista	101	51	50	50	42
<b>TOTAL</b>						
4						

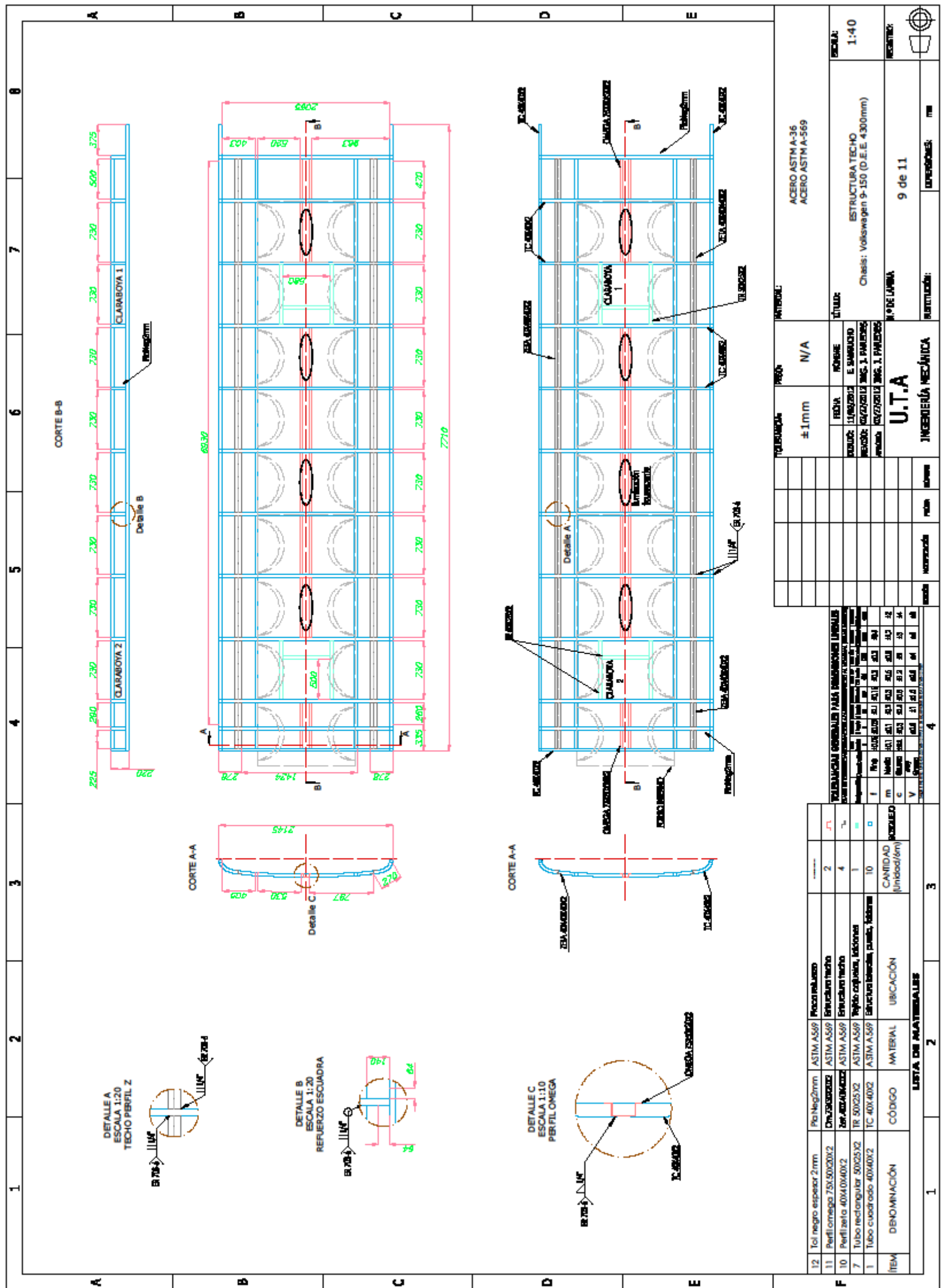
ITEM	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	MATERIAL	UBICACIÓN	CANTIDAD (Unidad/ln)	PROYECTO
14	Tubo cuadrado 25x25x2	TC 25x25x2	ASTM A 569	Relieve punta	1	
13	Tubo rectangular 60x40x2	TR 60x40x2	ASTM A 569	Estructura lateral	1	
12	Tal negro espesor 2mm	Pln Negro 2mm	ASTM A 569	Punto refuerzo	1	
7	Tubo rectangular 50x25x2	TR 50x25x2	ASTM A 569	Tejido capoteo, laceros	13	
1	Tubo cuadrado 40x40x2	TC 40x40x2	ASTM A 569	Estructura lateral, punta, laceros	13	
<b>CANTIDAD (Unidad/ln)</b>						
m	Medio	101	51	50	50	42
c	Centro	101	51	50	50	42
v	Vista	101	51	50	50	42
<b>TOTAL</b>						
4						

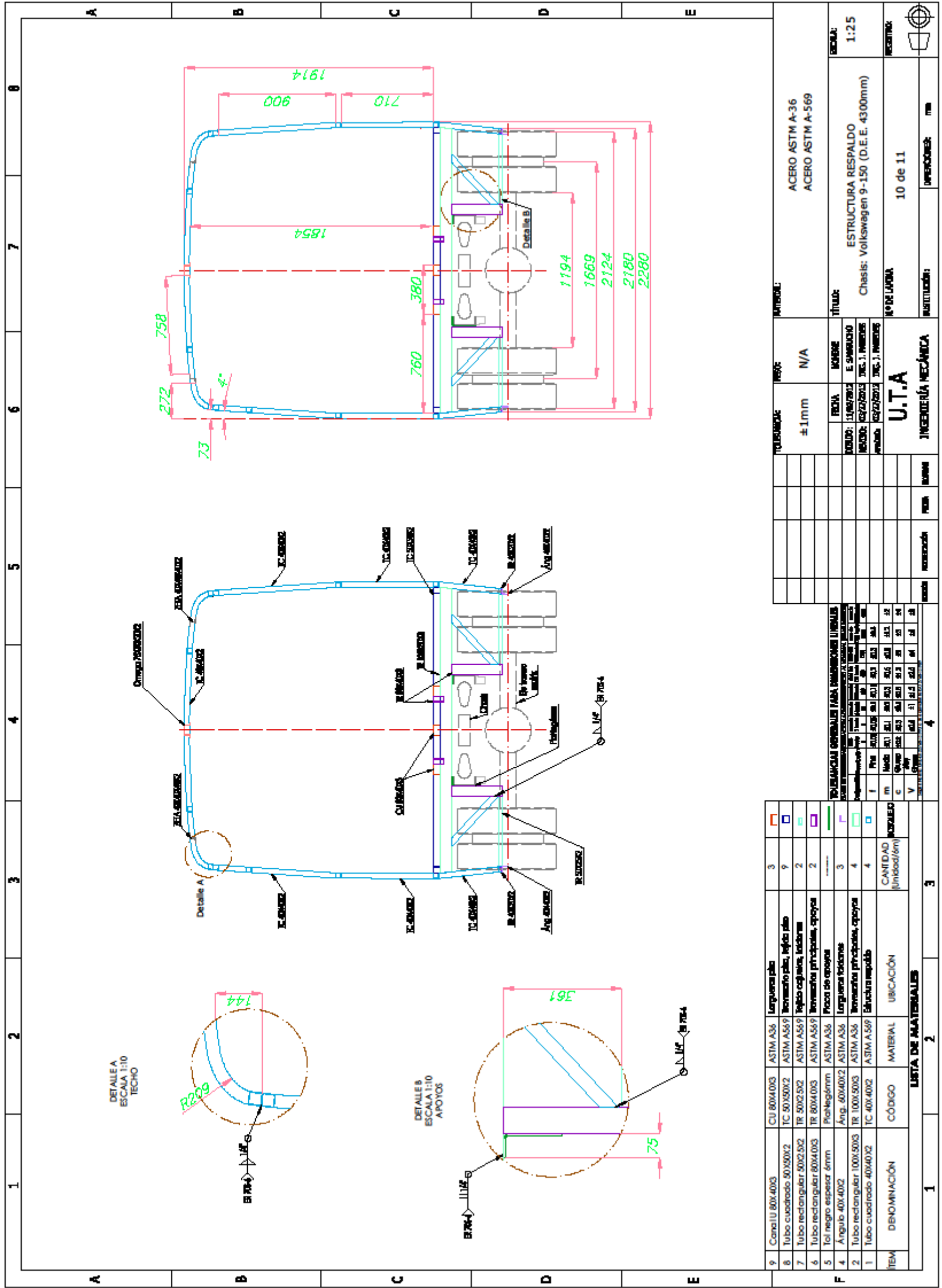


TOLERANCIA	±1mm	PROB	N/A	MATERIAL	ACERO ASTM A-36 ACERO ASTM A-569
REDA	1180202	KONNE		ESTADO	ESTRUCTURA LATERAL IZQUIERDO
REDA	1020201	E. SERRADO			Chasis: Volkswagen 9-150 (D.E.E. 4300mm)
REDA	1020201	MG. 1. PAREDES			
REDA	1020201	MG. 1. PAREDES			
U.T.A		INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	8 de 11
INSTRUMENTACIÓN		INSTRUMENTACIÓN		ESCALA:	1:40
INSTRUMENTACIÓN		INSTRUMENTACIÓN		REVISIÓN:	

ITEM	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	MATERIAL	UBICACIÓN	CANTIDAD (Unidad/m)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					

14	Tubo cuadrado 25x25x2	TC 25x25x2	ASTM A 569	Refuerzo punta	1
13	Tubo rectangular 60x40x2	TR 60x40x2	ASTM A 36	Estructura lateral	2
12	Tal negro espesor 2mm	Pla Negro2mm	ASTM A 569	Puente refuerzo	2
7	Tubo rectangular 50x25x2	TR 50x25x2	ASTM A 569	Refuerzo eje trasero, laterales	15
1	Tubo cuadrado 40x40x2	TC 40x40x2	ASTM A 569	Estructura lateral, punta, laterales	15
					CANTIDAD
					(Unidad/m)
					1
					2
					3
					4
					5
					6
					7
					8
					9
					10
					11
					12
					13
					14





ITEM	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	MATERIAL	UBICACIÓN	CANTIDAD (Unidad/lin)
9	Conexión 80x40x3	CU 80x40x3	ASTM A36	Largueras piso	3
8	Tubo cuadrado 50x50x2	TC 50x50x2	ASTM A569	Terminación piso, reficó piso	9
7	Tubo rectangular 50x25x2	TR 50x25x2	ASTM A569	Terminación piso, reficó piso	2
6	Tubo rectangular 80x40x3	TR 80x40x3	ASTM A569	Terminación principales, apoyos	2
5	Tal negro espesor 6mm	Protección	ASTM A36	Piso de apoyo	3
4	Ángulo 40x40x2	Ang. 40x40x2	ASTM A36	Largueras técnicas	4
2	Tubo rectangular 100x50x3	TR 100x50x3	ASTM A36	Terminación principales, apoyos	4
1	Tubo cuadrado 40x40x2	TC 40x40x2	ASTM A569	Estructura respaldo	4

ITEM	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	MATERIAL	UBICACIÓN	CANTIDAD (Unidad/lin)
9	Conexión 80x40x3	CU 80x40x3	ASTM A36	Largueras piso	3
8	Tubo cuadrado 50x50x2	TC 50x50x2	ASTM A569	Terminación piso, reficó piso	9
7	Tubo rectangular 50x25x2	TR 50x25x2	ASTM A569	Terminación piso, reficó piso	2
6	Tubo rectangular 80x40x3	TR 80x40x3	ASTM A569	Terminación principales, apoyos	2
5	Tal negro espesor 6mm	Protección	ASTM A36	Piso de apoyo	3
4	Ángulo 40x40x2	Ang. 40x40x2	ASTM A36	Largueras técnicas	4
2	Tubo rectangular 100x50x3	TR 100x50x3	ASTM A36	Terminación principales, apoyos	4
1	Tubo cuadrado 40x40x2	TC 40x40x2	ASTM A569	Estructura respaldo	4

TOLERANCIAS	REVIS	MATERIAL
± 1mm	N/A	ACERO ASTM A-36 ACERO ASTM A-569

TÍTULO	ESCALA
ESTRUCTURA RESPALDO Chasis: Volkswagen 9-150 (D.E.E. 4300mm)	1:25

FECHA	INGENIERO
11/07/2012	E. SANCHEZ
10/27/2012	TRC. J. RAMOS
10/27/2012	TRC. J. RAMOS

INSTITUCIÓN	FECHA	UNIDAD	PROYECTO
U.T.A	10 de 11		

INGENIERÍA MECÁNICA	UNIDAD	PROYECTO



	1	2	3	4			
A							
B							
C							
D	14	Tubo cuadrado 20x20x2	TC 20x20x2	ASTM A569	Refuerzo de puertas	3	□
	13	Tubo rectangular 60x40x2	TR 60x40x2	ASTM A36	Estructura lateral	2	□
	12	Tal negro espesor 3mm	PlaNeg3mm	ASTM A569	Placa refuerzo	—	—
	11	Perfil omega 70x20x2x0.2	Om.73x20x2x0.2	ASTM A569	Estructura techo	2	∩
	10	Perfil zeta 40x40x4x0.2	Zet.40x40x4x0.2	ASTM A569	Estructura techo	4	∩
	9	Canal U 80x40x3	CU 80x40x3	ASTM A569	Largueros piso	3	∩
	8	Tubo cuadrado 80x80x2	TC 80x80x2	ASTM A569	Travesaño piso, tejido piso	9	□
	7	Tubo rectangular 50x25x2	TR 50x25x2	ASTM A569	Tejido cojuelas, foldones	3	□
	6	Tubo rectangular 80x40x3	TR 80x40x3	ASTM A569	Travesaños principales, apoyos	4	□
	5	Tal negro espesor 6mm	PlaNeg6mm	ASTM A569	Placa de apoyos	—	—
	4	Ángulo 40x40x2	Áng. 40x40x2	ASTM A569	Largueros foldones	3	∩
	3	Tubo rectangular 40x20x2	TR 40x20x2	ASTM A36	Tejido cojuelas, marco foldon	3	□
	2	Tubo rectangular 100x50x3	TR 100x50x3	ASTM A36	Travesaños principales, apoyos	4	□
E	1	Tubo cuadrado 40x40x2	TC 40x40x2	ASTM A569	Estructura lateral, foldones, puestas, piso, rampantes, espaldos, frente, estructura techo	41	□
ITEM	DENOMINACIÓN		CÓDIGO	MATERIAL	UBICACIÓN	CANTIDAD (Unidad/8m)	BOQUELLO
<b>LISTA DE MATERIALES</b>							
TOLERANCIA:		FECH:		MATERIAL:			
S/T		N/A		VARIOS			
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:		ESCALA:	
DISEÑO: 11/09/2012		E. GARGUÑO		LISTA DE MATERIALES APROXIMADA		1:25	
REVISÓ: 03/27/2013		ING. J. PAREDES		Chasis Volkswagen 9-150 (D.E.E. 4300mm)			
PROYÓ: 03/27/2013		ING. J. PAREDES		Nº DE LÁMINA		REGISTRÓ:	
				11 de 11			
INGENIERÍA MECÁNICA				SUSTITUCIÓN:		CONVERSIONES: mm	
FECHA:	REVISIÓN:	FECHA:	NOMBRE:				

## Anexo 5. Hoja técnica de chasis Wolskvagen 9-150. VOLKSBUS 9-150 EOD

### CUMMINS- EURO III

Volsbus 9-150 EOD Cummins

#### MOTOR

Marca y modelo	Cummins Interact 4.0 Turbo Intercooler
Norma de emisiones	Euro III
Nº de Cilindros / Cilindrada (cm³)	4 cilindros en línea / 3920
Diámetro / Carrera de émbolo (mm)	102 / 120
Relación de compresión	17,0:1
Potencia neta máx - cv (kW) @ rpm #	150 (110) @ 2500
Par motor neto máx - kgfm (Nm) @ rpm #	56 (550) @ 1400 - 1700
Secuencia de inyección	1 - 3 - 4 - 2
Sistema de inyección	Common Rail controlado por ECM (Electronic Control Module)
Compresor de aire / Capacidad	Knorr - LK 38 / (225 L/m)

# - Valores conforme ensayo directiva NBR / ISO E85

#### TRANSMISIÓN

Caja de cambios - marca y modelo	ZF - S5-420 HD
Accionamiento	Palanca en el suelo
Nº de marchas	5 adelante (sincronizadas) + 1 reversa
Relaciones de transmisión	1* 5,72:1
	2* 2,73:1
	3* 1,61:1
	4* 1,00:1
	5* 0,76:1
	Reversa 5,24:1
Tracción	4 x 2

#### EMBRAGUE

Tipo	Monodisco seco, revestimiento orgánico
Modelo	Valeo
Accionamiento	Push type, hidráulico, autoajustable
Diámetro del disco (mm)	330

#### EJE DELANTERO

Tipo	Viga "I" en acero forjado
Modelo	Meritor MFS 7

#### EJE TRASERO MOTRIZ

Tipo	Eje rígido en acero estampado
Marca y modelo	Dana 284
Relación de reducción	4,30:1 o 4,63:1

#### SUSPENSIÓN DELANTERA

Tipo	Eje rígido
Muelles	Semielípticos de acción progresiva
Amortiguadores	Hidráulicos telescópicos de doble acción
Barra estabilizadora	Standard

#### SUSPENSIÓN TRASERA

Tipo	Eje rígido motriz
Muelles principales	Semielípticos de acción progresiva
Muelles auxiliares	Parabólicos
Amortiguadores	Hidráulicos telescópicos de doble acción
Barra estabilizadora	Standard

#### DIRECCIÓN

Tipo	Hidráulica integral con esferas recirculantes
Marca y modelo	ZF Servocon 8090
Relación de reducción	16,6:1 - 19,6:1

#### CHASIS

Tipo	Escalera, perfil constante, superficie llana, remachado y a tornillado
Material	Acero LNE 38
RBM - Resistant Bending Moment (Nm)	38.312
Módulo seccional (cm³)	108



**RUEDAS Y NEUMÁTICOS**

Hijas de las ruedas	
Acero	6,0" x 17,5"
Neumáticos	215/75R175

**FRENOS**

Marca	Master
Tipo	Frenos de aire, "S" came, tambor en las ruedas delanteras y traseras
Circuito	Doble, independiente, depósito triple de aire, secador de aire + Consep (opcional)
Área efectiva de frenado (cm <sup>2</sup> )	2204
Freno de estacionamiento	Cámara de muelle acumulador
Actuación	Ruedas traseras
Accionamiento	Válvula moduladora en el tablero de instrumentos
Freno motor	Válvula tipo mariposa en el tubo de escape
Actuación	Electroneumático, con interruptor en tablero y comando en el pedal del acelerador y embrague

**SISTEMA ELÉCTRICO**

Tensión nominal	24V
Batería	2 x 12V - 100Ah
Alternador	80A - 28V

**VOLÚMENES DE ABASTECIMIENTO (litros)**

Tanque de combustible - plástico	150
Cárter, filtro y arrefecedor	9,0
Caja de cambios	3,2
Eje trasero	4,0
Dirección	2,5
Sistema de refrigeración	
Sin calefacción	20,0
Con calefacción	21,6

**DIMENSIONES (mm)**

Distancia entre ejes	3900	4300
Voladizo		
Delantero	1200	
Trasero	1200	2050
Largo total	6300	7550
Ancho máxima	2144	
Ancho de vía		
Delantera	1894	
Trasera	1669	
Vano libre		
Delantero	213	
Trasero	194	

**PESOS (kg)**

Peso vacío		
Eje delantero	2060	2060
Eje trasero	940	930
Total	3000	2990
Capacidad técnica por eje		
Eje delantero	3200	
Eje trasero	5300	
Total admisible	8500	

Obs.: Los pesos pueden sufrir alteraciones debido a los opcionales.

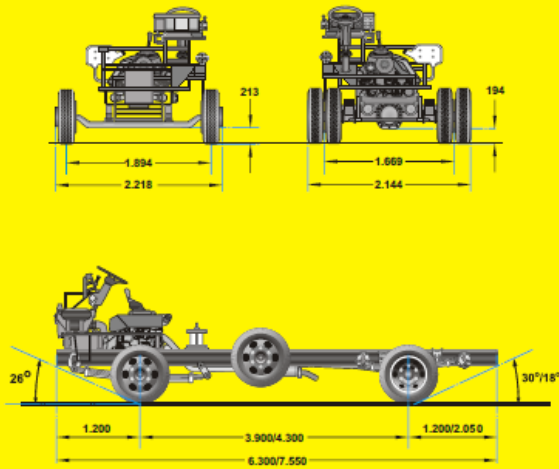
**DESEMPEÑO (Cálculo Teórico)**

Relación de reducción del eje trasero	4,30:1	4,63:1
Velocidad máxima (km/h)	108	104
Capacidad de rampa en PBV (%)	41	50
Partida en rampa en PBV (%)	33	33
Relación PBV / Potencia (kg/cv)		57

Obs.: Datos proyectados por simulación de rendimiento.

Los datos técnicos pueden alterarse sin aviso previo.

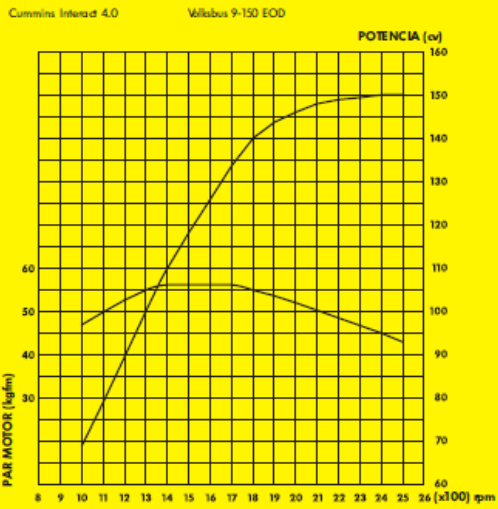
### Volksbus 9-150 EOD Cummins



Dimensiones principales (mm)

Los Volksbus son hechos bajo medida para el negocio de sus clientes. Sin embargo, la filosofía de hacer exactamente el que el cliente necesita, no termina cuando efectuamos una venta. Ésta sigue valiendo en cada uno de nuestros Concesionarios especializados en Volksbus con un pos-venta también bajo medida, reconocido como uno de los mejores del mercado, con Repuestos también idealizado exactamente para el Volksbus que usted compró.

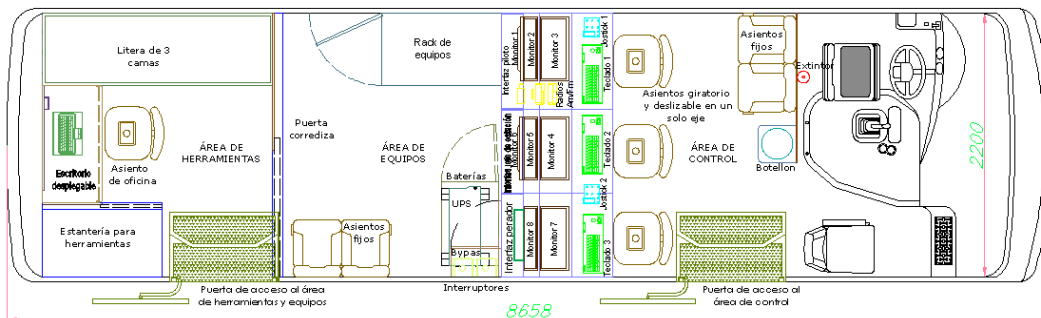
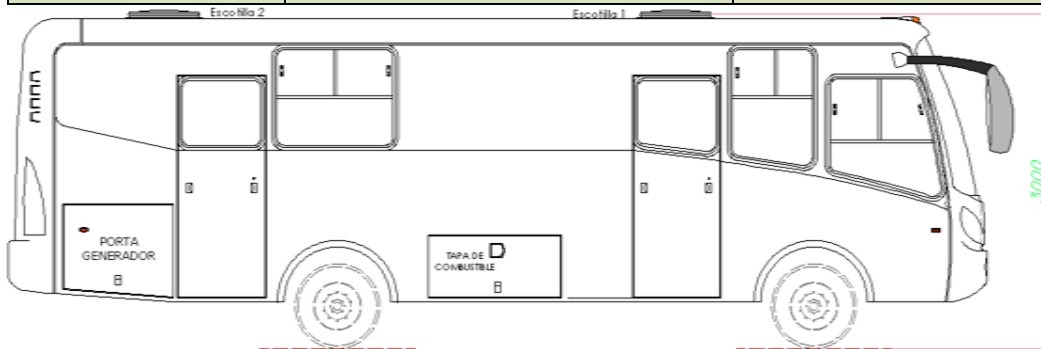
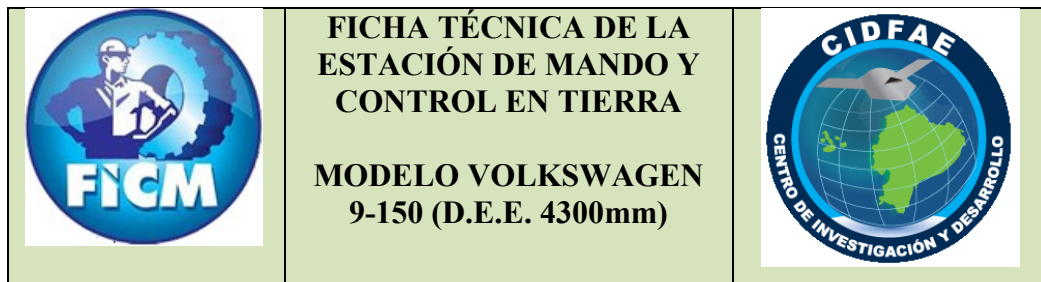
### Curvas de rendimiento de motor



Su Concesionario Volkswagen:

Imágenes meramente ilustrativas.


## Anexo 6. Ficha técnica de la Estación de Mando y Control en Tierra.



<b>Dimensiones de la unidad (mm)</b>	
Altura total	3000
Altura interna	1854
Ancho máximo	2280
Ancho interno	2200
Largo total	8658
<b>Estructura</b>	
Material	Acero galvanizado ASTM A-36, ASTM 569
Construcción	Formado con esquineros, vigas y cerchas de techo en chapa plegada, construidas en perfiles rectangulares, cuadrados.
Forro exterior	Mediante láminas galvanizadas de 1mm.
Forro interior	Mediante tol pintado perfectamente remachado.
Pintado	Tratamiento anticorrosivo, fondo wash, pintura poliuretano.

<b><u>Puertas de acceso</u></b>	
Accionamiento	Neumático
Número de puertas	Dos una delante del eje frontal y otra detrás del eje posterior.
Tipo	Abatibles
Dimensiones (mm)	1900x800
<b><u>Características internas</u></b>	
Área de herramientas	Cuenta con una estantería tipo closet, litera de tres camas y escritorio desplegable, ingreso por la puerta principal.
Área de equipos	Rack que aloja equipamiento informático, dos asientos fijos, caja centralizada de conexiones eléctricas, ingreso por la puerta principal.
Área de control	Interfaz que aloja 8 pantallas de 22 pulgadas, asientos giratorios y deslizable en un solo eje, dos asientos fijos, ingreso por la puerta principal.
<b><u>Sistema de alimentación eléctrico</u></b>	
Instalación	De doble vía (red urbana o el generador eléctrico).
Voltajes	110 y 220V
<b><u>Generador eléctrico</u></b>	
Marca	Powermate
Modelo	PM12500
Potencia	12500 watos
Cilindrada del motor	653 cc
Combustible	Gasolina
Potencia del motor	22hp
Ubicación	Parte posterior con una compuerta abatible hacia arriba, que se mantiene abierto mediante dos brazos neumáticos.
Dimensiones (mm)	720x528x936
<b><u>Aire acondicionado</u></b>	
Modelo	VAC1-4045DHR
Capacidad de enfriamiento	4000W/13760Btu/h
Capacidad a calentar	4500W/15500Btu/h
Refrigerante	R410a
Voltaje	110-120V
Temperatura ambiente	-45 a 55°C
Dimensiones (mm)	885x710x290
Peso	47kg

## Anexo 7. Certificado de calibración del Luxómetro.

<b>EXTECH</b> INSTRUMENTS		<i>EXCELLENCE IN TECHNOLOGY Since 1971</i>	
ISO 9001 Certified		Extech Instruments Corporation * 285 Bear Hill Road * Waltham, MA 02451-1064	
<h3>Certificate of Calibration</h3>			
Certificate Number : 55412 Document Number: 48541			
<i>Customer Details:</i>			
<b>Customer Name:</b>	IMPORTADORA IAI LTDA		
<i>Instruments Details:</i>			
<b>Manufacturer:</b>	EXTECH INSTRUMENTS	<b>Calibration Date:</b>	Sept 04, 2012
<b>Description:</b>	LIGHT METERS	<b>Calibration Due:</b>	Sept 04, 2013
<b>Model Number:</b>	HD-450	<b>Cal. Interval:</b>	12 MONTHS
<b>Serial Number:</b>	12062898	<b>As Received:</b>	NEW
<b>ID Number:</b>	N/A		
<i>Environmental Details:</i>			
<b>Temperature:</b>	21 Deg. +/- 5 C	<b>Relative Humidity:</b>	40% ± 15%
<i>Procedures Used:</i>			
<b>Calibration procedure:</b>	407730-CM09		
<h3>Certification</h3>			
<p>Extech Instruments certifies that the instrument listed above meets the specifications of the manufacturer at the completion of its calibration. Standards used are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST), or have been derived from accepted values, natural physical constants, or through the use of the ratio method of self-calibration techniques. Methods used are in accordance with ISO10012-1 and ANSI/NCSS Z40-1-1994. This certificate is not to be reproduced other than in full, except with prior written approval of Extech Instruments Corporation. All the calibration standards used have an accuracy of 4:1 of better, unless otherwise stated.</p>			
<b>Technician's Notes:</b>			
<b>Technician:</b>	RACHEL VENICHASA	<b>Approved By:</b>	
Page 1 of 2			
Phone: 781.890.7440 ext 210 * Fax: 781.890.3957 * E-mail: <a href="mailto:repair@extech.com">repair@extech.com</a> * <a href="http://www.extech.com">www.extech.com</a>			

## Certificate of Calibration

Certificate Number : 55412

Document Number: 48541

Model Number: HD-450 12062898

**Final Reading***Calibration Data*

Standard	Reading	Accuracy	Error	Status
400,0 Lux	399	±5% rdg	0.25	PASS
4000 Lux	4002	±5% rdg	-0.05	PASS
40,00 KLux	40,01	±5% rdg	-0.025	PASS
400.0 KLux	400,8	±5% rdg	-0.2	PASS

UUT – Unit Under Test

*Standards Used*

Manufacturer	Model #	Serial #	Description	Calibration Due Date
KONICA MINOLTA	T-10	35621038	ILLUMINANCE METER	July 9, 2012
MINOLTA	XY-1	205853	CHROMA METER	May 7, 2012

N.I.S.T. Reference No.: Standards traceable to N.I.S.T listed above are on file available upon request.

## Anexo 8. Certificado de calibración del Sonómetro Tipo 2.



### CERTIFICATE OF CALIBRATION

Certificate Number      CAL090812  
Date of Issue            08/09/2012  
Customer                 Pacer Industries

**Description of Instrument**  
**Sound Level Meter**      Sound Level Meter Model: SL120 [Serial No. 120-95-016940]  
Sensor: Built-in electret capacitive type microphone  
Ranges: 40 to 120 dB (A)  
Accuracy: Conforms to ANSI S1.4-1983 Type 2  
Display: Analog Meter  
Frequency Weighting: Graph A (According to ANSI S1.4  
1983 Type 2 and IEC 651 Type 2)  
Time Weighting: Slow (corresponds to IEC)

**Associated Calibrator**    No Calibrator Supplied With the Sound Level Meter.

**Date of Calibration**      08/09/2012

**Test Procedure**            ANV/CAL/SLM/002a  
Test procedures in accordance with BS EN 61672-3:2008.

**Test Engineer**             A Jones

APPROVED SIGNATORY

Les Jephson  / Mike Breslin

BEAUFORT COURT, 17 ROEBUCK WAY, MILTON KEYNES, MK6 8HL

☎ 01908 642846 ☎ 01908 642814

✉ info@noise-and-vibration.co.uk 🌐 www.noise-and-vibration.co.uk

ACOUSTICS NOISE AND VIBRATION LIMITED. REGISTERED IN ENGLAND No. 3548028. REGISTERED OFFICE AS ABOVE.



## Anexo 9. Certificado de calibración del medidor de temperatura.

**FLUKE**

### Fluke Corporation Instrument Test Certificate and Statement of Calibration Practices

The Fluke Corporation, ISO Certification No. U00018, hereby certifies that your product was calibrated in accordance with applicable Fluke calibration procedures during the manufacturing process. These processes are ISO-9001 controlled and are designed to assure that the instrument will meet its published specification.

The Fluke Corporation further certifies that the measurement standards and instruments used during the calibration of this meter are traceable to the United States National Institute of Standards and Technology (NIST). At planned intervals, Fluke's measurement standards are calibrated by comparison to or measurement against the standards of NIST.

Fluke guarantees that at the time of test your instrument met its published specifications. Detailed specifications are available in the User Manual and Specification Supplement. A certificate of traceability can be obtained by sending the meter to any Fluke Technical Service Center. A nominal fee is charged for this service.

Quality Assurance Manager



**For Customer use only:**  
Because we use different delivery channels, you may have received a meter with a test certificate that is several weeks old. Our experience indicates the calibration of this product is not affected by storage prior to its initial receipt by the customer. Therefore, the recalibration of this unit should be based on when the product is put into service, plus the recommended calibration interval.

The recommended calibration interval for this instrument is 12 months and begins on the date of receipt by the customer. For recalibration, please use our calibration services. Locations are listed at the [www.fluke.com](http://www.fluke.com).

Please fill in appropriate dates as indicated:

Date Instrument Received: 13-Nov-2012

Date Calibration Due: \_\_\_\_\_

7/01 1000070 Rev. 3 10/009

**Fluke Corporation**  
PO Box 5090 Everett WA 98206-5090 USA

Telephone: 425.347.6330

Facsimile: 425.446.5136

Email: <http://www.fluke.com>



Production Verification Test Data					
Model: 289 Serial Number: 18460227 Date: 25-OCT-2011					
Function	Applied Stimulus	Response	Low Limit	High Limit	Units
LeZ	120 V @ 60 Hz	120.5	113.6	126.4	(V)
VAC	15 V @ 100 kHz	14.915	14.435	15.365	(V)
VAC	0.5 V @ 10 kHz	0.4971	0.4945	0.5055	(V)
VAC	15 V @ 100 kHz	14.915	14.435	15.365	(V)
VAC	1000 V @ 10 kHz	998.6	993.5	1006.5	(V)
mVAC	500 mV @ 45 Hz	0.49870	0.49825	0.50175	(V)
mVAC	5 mV @ 25 Hz	0.004999	0.004965	0.005135	(V)
mVAC	500 mV @ 45 Hz	0.49870	0.49825	0.50175	(V)
VDC	600.0 V	600.0	599.6	600.4	(V)
VDC	0.5 V	0.4998	0.4977	0.5023	(V)
VDC	600.0 V	600.0	599.6	600.4	(V)
mVDC	500 mV	0.50001	0.49956	0.50015	(V)
mVDC	0.025 mV	0.000025	0.000005	0.000045	(V)
mVDC	500 mV	0.50001	0.49956	0.50015	(V)
Ohms	300 M Ohms	299400000.0	275800000.0	324200000.0	(Ohms)
Ohms	500 Ohms	499.99	495.65	500.95	(Ohms)
Ohms	300 M Ohms	299400000.0	275800000.0	324200000.0	(Ohms)
Cap	5 nFarad	0.0000000500	0.0000000490	0.0000000510	(F)
mAAC	0.004 A @ 1 kHz	0.003999	0.003855	0.004044	(A)
AAC	5 A @ 5 kHz	4.9954	4.8450	5.1540	(A)
mAAC	0.004 A @ 1 kHz	0.003999	0.003855	0.004044	(A)
uAAC	500 uA @ 60 Hz	0.0049949	0.004880	0.0050320	(A)
mADC	50 mA	0.050001	0.049965	0.050035	(A)
ADC	5 A	5.0022	4.9840	5.0160	(A)
mADC	50 mA	0.050001	0.049965	0.050035	(A)
mADC	400 mA	0.39997	0.39830	0.40062	(A)
uADC	500 uA	0.0050005	0.0048943	0.0050058	(A)
uADC	5000 uA	0.005000	0.004996	0.005004	(A)
LeOhm	0.2 Ohms	0.197	0.180	0.220	(Ohms)

