



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO DE UNA UNIDAD MÓVIL PARA PRESTAR EL SERVICIO DE
RADIOLOGÍA**

Autor (es):

Herrera B. Yexis Y.

Medina V. Amavil E.

Bárbula, junio 2009



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO DE UNA UNIDAD MÓVIL PARA PRESTAR EL SERVICIO DE
RADIOLOGÍA**

**PROYECTO DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

Autor (es):

Herrera B. Yexis Y.

Medina V. Amavil E.

Bárbula, junio 2009



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado para evaluar el Trabajo Especial de Grado titulado “**Diseño de una Unidad Móvil para prestar el Servicio de Radiología**”, realizado por los bachilleres: **Herrera B. Yexis Y. y Medina V. Amavil E.**, cédula de identidad: **17.065.304** y **16.897.797** respectivamente, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Prof. Morales Carlos
Tutor

Prof. (a) Brizeida Gámez
Jurado

Prof. David Ojeda
Jurado

Bárbula, junio 2009

DEDICATORIA

Quiero dedicar todo mi esfuerzo y sacrificio a mi madre Yeredi Bruno, quien es un punto de apoyo para mí. Te amo mamá.

A mis hermanos Oriana, Oswueidi y Oswaldo por ser ellos mi motivo de lucha para ser cada día una mejor persona.

A mi abuela Carmen Bruno por ser una mujer digna de admiración por su incondicional entrega hacia los demás.

Yexis Y. Herrera B.

DEDICATORIA

En primer lugar dedico este trabajo a Dios por ser Él quien guía el camino de mi vida, por bendecirme todos los días, por darme la fortaleza para salir adelante y enfrentar todos los retos que se me han presentado.

A mi mamá y a mi papá por ser las personas de mayor inspiración para mí, porque siempre estuvieron convencidos de que esto era posible; gracias a ustedes por enseñarme a crecer, por enseñarme a vivir, porque sin su apoyo no estaría donde estoy.

A mis hermanas por todo el apoyo que han brindado durante todo este tiempo

Amavil E. Medina V.

AGRADECIMIENTO

A Dios por regalarme el don de la vida, por ser el quien me da motivos para vivir, reír y soñar, animando mis días y demostrándome en pequeños detalles toda su grandeza.

A mis padres por ser un apoyo incondicional en todas las circunstancias de mi vida

A la Universidad de Carabobo por ser una casa de estudio y por contribuir a la formación académica e integral de mi persona.

A mis profesores quienes me brindaron las herramientas necesarias para alcanzar mis metas y superarme como una profesional exitosa.

A mis tías por todo su apoyo, su comprensión y por mostrarse cercanas en los momentos difíciles de mi vida.

A mis compañeros de estudios por permitirme crecer académicamente junto a ellos y por compartir inolvidables experiencias en un salón de clases

A mis amigas (os) de toda la vida quienes de diversas maneras contribuyeron en el proceso finalizado, mediante un aporte feliz

A mis primas (os) por brindarme una mano amiga y por demostrarme su cariño, amistad y confianza a lo largo de mi vida.

A todo aquel que gracias a su apoyo, su ayuda, su asesoría ha colaborado para la culminación de mis metas.

Yexis Y. Herrera B.

AGRADECIMIENTO

Gracias a ti Dios, por siempre estar delante de mí y por permitirme estar aquí.

Gracias a mis padres y a mis hermanas por apoyarme en todas las decisiones que me han tocado tomar hasta ahora, muchísimas gracias, los adoro

Gracias a mis casi hermanos Mariangie y Carlos porque juntos aprendimos a reír, a soñar, a escuchar, simplemente juntos aprendimos a vivir y entendimos que las metas cuando uno se las propone si se pueden lograr. Gracias!

A la Universidad por permitir hacerme parte de ella, gracias por contribuir en mi formación académica y personal.

A mis compañeros de estudio y en especial a la persona que me acompañó hasta el último momento de la carrera.

Gracias a todos los que me apoyaron a cumplir mis metas.

Amavil Medina



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



DISEÑO DE UNA UNIDAD MÓVIL PARA PRESTAR EL SERVICIO DE RADIOLOGÍA

**Autor(es): Herrera B., Yexis
Medina V. Amavil**
Tutor: Ing. Carlos Morales
Año: Noviembre 2008

RESUMEN

La unidad móvil para prestar el servicio radiológico, es una cabina que ofrece la posibilidad de trasladarse hasta las comunidades para que los pacientes puedan realizarse exámenes de rayos x (RX). Para el diseño se analizan todas las leyes y normas establecidas que regulan los centros de imagenología, así como también los equipos a utilizar.

Se establecen normas, criterios y restricciones que encaminan el diseño y se obtiene como resultado una unidad móvil que, además de cumplir con todas las exigencias para prestar servicio radiológico, permite que la cabina de RX pueda extenderse lateralmente para lograr mayor espacio y comodidad en su interior. La unidad se puede trasladar en cualquier tipo de vehículo de carga, y cuenta con un acople que permite transformarla como un vehículo de cuerpo bajo, lo cual mejora el acceso a la misma. Finalmente, se realiza un estudio de costos de fabricación de la unidad para determinar el tiempo de recuperación de la inversión, el cual resultó menor a dos años.

NOMENCLATURA

Símbolo	Descripción	Unidad
A	Área	(m ²)
At	Área de esfuerzo a tensión	(Plg ²)
Aw	Longitud del cordón de soldadura	(m)
c	Distancia más alejada del eje centroidal	(m)
C1	Columna 1	
C2	Columna 2	
C3	Columna 3	
CR	Radiología computarizada	
CT	Tomografías computarizadas	
E	Módulo de elasticidad de la viga	(Pa)
F _{corte}	Fuerza de corte	(N/m ²)
F _{flexion}	Fuerza de flexión	(N/m ²)
F'	Carga primaria por perno	(KN)
F''	Carga cortante secundaria del perno	(KN)
Fa	Carga sobre la viga A	(N)
Fb	Carga sobre la viga B	(N)
Fb	Carga resultante del perno	(Lb)
Fc	Carga sobre la viga C	(N)
Fi	Precarga del tornillo	(Lb)
Fm	Carga resultante del material	(Lb)
Fp	Carga promedio	(N)
Fpr	Carga promedio resultante	(N)
Fr	Fuerza resultante	(N/m ²)
g	Gravedad	(m/s ²)
I	Inercia	(m ⁴)

Símbolo	Descripción	Unidad
Ka	Acabado superficial	Adimensional
Kb	Factor de tamaño	Adimensional
KB	Rigidez del perno	(Plg)
Kc	Factor de carga	Adimensional
Kd	Factor de temperatura	Adimensional
Ke	Factor de confiabilidad	Adimensional
Km	Rigidez del material	(Plg)
L	Longitud	(m)
L_{efe}	Longitud efectiva	(m)
Lrosca	Longitud de rosca	(Plg)
Ls	Longitud del vástago	(Plg)
M	Momento flexionante	(Nxm)
Mmax	Momento máximo	(Nxm)
Mt	Masa total	(Kg)
N	Factor de seguridad	Adimensional
P	Carga	(KN)
Pb	Carga aplicada en el perno	(Lb)
Pcolumna	Carga a soportar cada columna	(KN)
Pcrítica	Carga Crítica	(KN)
PE	Punto de equilibrio	
Pextensión	Peso de la extensión	(KN)
Pm	Carga aplicada en el material	(Lb)
Ppermisible	Carga permisible	(KN)
PRFV	Plástico reforzado con fibra de vidrio	
Prx	Peso del equipo de Rayos X	(N)
r	Radio	(m)

Símbolo	Descripción	Unidad
R	Reacción	(N)
RX	Rayos X	
Se	Resistencia a la viga corregida	(MPa)
Se'	Límite de resistencia a la fatiga	(MPa)
Sp	Resistencia de prueba mínimo	(Kpsi)
Sut	Resistencia última del acero	(MPa)
Sw	Flexión sobre el eje horizontal	(m ²)
Sx	Momento de resistencia	(Cm ³)
Sxviga	Momento de resistencia de la viga	(Cm ³)
Sy	Esfuerzo de fluencia del material	(MPa)
Sys	Esfuerzo admisible de corte	(MPa)
T	Tensión	(N)
T1	Tensión 1	(N)
T2	Tensión 2	(N)
V	Fuerza cortante	(N)
Va	Viga A	
Vb	Viga B	
Vc	Viga C	
Vd	Viga D	
Ve	Viga E	
Vlateral	Viga lateral	
W	Distancia entre fuerzas	(m)
w	Espesor del cordón de soldadura	(mm)
X	Distancia entre fuerza y reacción	(m)
y	Deflexión de la viga	(m)
δ	Alargamiento de la columna	(m)

Símbolo	Descripción	Unidad
ϕ	Angulo de deflexión	(°)
σ	Esfuerzo axial	(MPa)
σ_a	Esfuerzo alternante unidimensional	(MPa)
σ_b	Esfuerzo máximo a tensión en el perno	(Psi)
τ_{adm}	Esfuerzo admisible de corte	(N/m ²)
τ_s	Esfuerzo cortante para el barrido de roscas	(Psi)
σ_{max}	Esfuerzo de flexión máxima	(MPa)
σ_{min}	Esfuerzo de flexión mínimo	(MPa)
σ_m	Esfuerzo medio unidimensional	(MPa)

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	01
CAPÍTULO I.....	03
EL PROBLEMA.....	03
I.1 Planteamiento del Problema.	03
I.2 Objetivos	06
I.2.1 Objetivo general	06
I.2.2 Objetivos específicos.....	06
I.3 Justificación de la investigación.	06
I.4 Limitaciones de la investigación.....	07
I.5 Alcance de la investigación.....	07
CAPÍTULO II.....	09
MARCO TEÓRICO.....	09
II.1 Antecedentes de la investigación.....	09
II.2 Bases teóricas.....	10
II.2.1 Exámenes de radiología	10
II.2.2 Los rayos X.....	10
II.2.3 Película radiográfica	10
II.2.4 Miembros del equipo de radiología.....	11
II.2.5 Seguridad en la sala de radiología.....	11
II.2.6 Radiografía computarizada.....	12
II.2.7 Los digitalizadores de película.....	12
II.3 Bases legales.....	13
CAPÍTULO III.....	15
MARCO METODOLÓGICO	15
III.1 Nivel de la investigación.....	15
III.2 Diseño de la investigación.....	16
CAPÍTULO IV.....	17

DISEÑO DE LA UNIDAD MÓVIL	17
IV.1 Generalidades del diseño	18
IV.1.1 Situación actual de la radiología:	18
IV.1.2 Requisitos legales para el diseño de centros de radiología	18
IV.1.3 Selección de equipos radiológicos.....	18
IV.2 Especificaciones del sistema a diseñar	19
IV.2.1 Criterios y restricciones para el diseño de la Unidad de RX	19
IV.2.2 Realizar la distribución del espacio físico:	20
IV.2.3 Normas de diseño de los centros de imagenología.	22
IV.2.4 Materiales para paredes, techo y piso	23
IV.2.5 Materiales para la estructura	24
IV.3 Diseño de la Unidad Móvil	25
IV.3.1 Diseño de la extensión.....	25
IV.3.1.1 Estructura de la extensión	26
IV.3.1.2 Estructura del piso de la extensión.....	27
IV.3.1.3 Estudio de las columnas de la extensión:	36
IV.3.1.4 Análisis de la estructura lateral de la extensión.....	40
IV.3.1.5 Análisis de las uniones en la extensión	47
IV.3.1.6 Cálculo del peso de la extensión.....	50
IV.3.1.7 Mecanismo de la Extensión	51
IV.3.1.7.1 Cálculo de los rodamientos	52
IV.3.1.7.2 Selección del motor	55
IV.3.2 Estructura fija de la Unidad Móvil de RX.....	56
IV.3.2.1 Diseño de la estructura Fija.....	56
IV.3.2.2 Estructura del piso fijo	58
IV.3.2.3 Estudio de las columnas de parte fija.....	65
IV.3.2.4 Análisis de la estructura lateral de parte fija	67
IV.3.2.5 Cálculo de soldadura de la estructura de acero	73
IV.3.2.6 Cálculo del peso de la estructura fija.....	74

IV.3.2.7 Cálculos para el diseño del traslado.....	76
IV.3.2.7.1 Traslado de grúa	76
IV.3.2.7.1 Traslado por monta cargas.....	78
IV.3.2.8 Cálculo de fatiga.....	80
IV.3.3 Diseño de acoples para convertir la unidad en cuerpo bajo	83
IV.3.3.1 Bases del cuerpo bajo.....	83
IV.3.3.2 Selección del tornillo	86
IV.3.3.3 Suspensión del cuerpo bajo	90
IV.3.3.4 Neumáticos del cuerpo bajo	91
IV.3.4 Requerimientos de los equipos a utilizar	92
IV.3.4.1 Diseño de la distribución eléctrica:	92
IV. 3.4.1.1 Sistema eléctrico	92
IV. 3.4.2 Selección del sanitario dentro de la unidad	95
IV. 3.4.3 Selección del aire acondicionado de la unidad móvil	96
IV.4 Estudio la factibilidad económica	96
IV.4.1 Estimación de costos de construcción de la unidad.....	96
IV.4.1.1 Estimación de costos	97
CAPÍTULO V.....	107
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
V.1 Conclusiones.....	107
V.2 Recomendaciones	108
REFERENCIAS	111
APÉNDICE.....	115
DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	135



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura IV.1 Equipos de radiología para de la Unidad de RX.....	19
Figura IV.2 Distribución de planta de la Unidad de RX.....	21
Figura IV.3 Distribución de planta de la Unidad de RX con la extensión	22
Figura IV.4 Estructura de techos y paredes en PRFV	24
Figura IV.5 Estructura de la extensión.....	25
Figura IV.6 Elementos estructurales de la extensión.....	26
Figura IV.7 Detalle del entramado del piso de la extensión	27
Figura IV.8 Vista de planta del piso y cargas.....	28
Figura IV.9 Diagrama de cuerpo libre de la viga (Va)	29
Figura IV.10 Diagrama de corte y momento de la viga (Va)	29
Figura IV.11 Esquema del tipo de carga de la viga (Va).....	31
Figura IV.12 Diagrama de cuerpo libre de la viga (Vb)	32
Figura IV.13 Diagrama de cuerpo libre de la viga (Ve)	32
Figura IV.14 Diagrama de cuerpo libre de la viga (Vc)	33
Figura IV.15 Diagrama de cuerpo libre de la viga (Vd)	33
Figura IV.16 Diagrama general de las vigas de la extensión.....	33
Figura IV.17 Diagrama para el estudio del desplazamiento vertical	35
Figura IV.18 Condiciones de extremo de la columna.....	37
Figura IV.19 Diagrama de cuerpo libre de las columnas	38
Figura IV.20 Diagrama de la columna C1 a tracción.....	39
Figura IV.21 Diagrama de cuerpo libre vista lateral de la extensión	41
Figura IV.22 Diagramas de cuerpo libre de cada elemento de la estructura lateral de la extensión	43
Figura IV.23 Análisis de las uniones soldadas.....	47
Figura IV.24 Vista lateral de la Unidad Móvil RX	52
Figura IV.25 Comportamiento de las fuerzas de los rodamientos.....	54



Figura IV.26 Rodamiento	55
Figura IV.27 Motor y cremallera.....	56
Figura IV.28 Medidas de la estructura fija de la unidad móvil.....	57
Figura IV.29 Estructura fija de la unidad móvil radiológica	58
Figura IV.30 Estructura o entramado del piso de la parte fija	58
Figura IV.31 Vista de planta del piso y cargas de la parte fija	60
Figura IV.32 Diagrama de cuerpo libre de la viga (Va)	60
Figura IV.33 Diagrama de corte y momento de la viga (Va)	61
Figura IV.34 Diagrama de cuerpo libre de la viga (Vb)	63
Figura IV.35 Diagrama de cuerpo libre de la viga (Vc)	63
Figura IV.36 Diagrama de cuerpo libre de la viga (Vd)	63
Figura IV.37 Diagrama de cuerpo libre de la viga (Vlateral)	64
Figura IV.38 Diagrama general de las vigas de acero	64
Figura IV.39 Condiciones terminales de la columna	66
Figura IV.40 Diagrama de cuerpo libre de la columna.....	67
Figura IV.41 Cuerpo libre del lateral de la estructura fija	68
Figura IV.42 Diagramas de cuerpo libre de cada elemento de la estructura lateral de la estructura fija de la unidad móvil radiológica.....	69
Figura IV.43 Diagrama de cuerpo libre del contenedor izado por grúa.....	76
Figura IV.44 Diagrama de cuerpo libre de la viga V_e sometida a compresión	77
Figura IV.45 Esquinero de izaje superior de la unidad móvil	78
Figura IV.46 Perforaciones para el montacarga.....	79
Figura IV.47 Diagrama de cuerpo libre de la viga V_{b1} sostenida por un montacarga.....	79
Figura IV.48 Cuerpo bajo de la unidad de RX	84
Figura IV.49 Base para el cuerpo bajo.....	84
Figura IV.50 Diagrama de la viga del cuerpo bajo	85
Figura IV.51 Sistema de suspensión del cuerpo bajo	91



Figura IV.52 Neumático para el cuerpo bajo.....	92
Figura IV.53 Tableros de instalación eléctrica	93
Figura IV.54 Vista de planta de la instalación eléctrica.....	94
Figura IV.55 Baño de la unidad móvil de radiología.....	95



Diseño de una Unidad Móvil para prestar el Servicio de Radiología



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1 Establecimientos de salud por municipio	04
Tabla I.2 Hogares pobres y no pobres.....	05
Tabla III.1 Fases para el diseño de la investigación	16
Tabla IV.1 Datos y resultados de las vigas	34
Tabla IV.2 Datos y resultados de la masa de paredes de la extensión.....	51
Tabla IV.3 Datos y resultados de la masa de las vigas de la extensión.....	51
Tabla IV.4. Datos y resultados de la masa de paredes de la estructura fija ..	59
Tabla IV.5. Datos de la masa de los equipo de la unidad móvil.....	59
Tabla IV.6. Datos y resultados de las vigas de acero	65
Tabla IV.7 Datos y resultados de la masa de las vigas de la estructura fija .	75
Tabla IV.8 Masa de los equipos dentro de la unidad	75
Tabla IV.9 Costo de partida 1.	99
Tabla IV.10 Costo de partida 2.	100
Tabla IV.11 Costo de partida 3.	100
Tabla IV.12 Costo de partida 4.	101
Tabla IV.13 Costo de partida 5.	101
Tabla IV.14 Costo de partida 6.	102
Tabla IV.15 Costo de partida 7.	102
Tabla IV.16 Costo de partida 8.	103
Tabla IV.17 Costo de partida 9.	103
Tabla IV.18 Costo de partida 10.	104
Tabla IV.19 Costo total de las partidas.	104
Tabla IV.20 Tiempo para recuperar costos.....	106

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo diseñar una unidad móvil para prestar servicio de radiología, con la finalidad de atender la necesidad que puede presentar parte de la comunidad para trasladarse hasta los centros de imagenología, ya que la misma es una cabina que puede ser llevada hasta los lugares donde se requieran realizar jornadas para practicarse exámenes de este tipo.

Para lograr el objetivo planteada, se ha desarrollado el presente trabajo de grado, el cual está constituido por cinco capítulos; en el primero se define la situación problemática, así como los objetivos que se desean lograr con la investigación. El segundo capítulo describe los antecedentes del tema e investigaciones realizadas por algunos teóricos; así mismo se hace referencia a las teorías que sustentan la investigación. El tercer capítulo explica la metodología utilizada, así como los pasos a seguir para la realización del proyecto. Mientras que el cuarto capítulo, comprende el diseño y acondicionamiento de la unidad móvil para el servicio radiológico y posteriormente se realiza el estudio económico para determinar la factibilidad del proyecto. Por último, en el quinto se encuentran las respectivas conclusiones y se plantean las recomendaciones con respecto al tema de investigación tratado.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

En el siguiente capítulo se desarrolla la estructura formal de la investigación. Inicialmente, se realiza el planteamiento del problema en el cual se explica la situación actual del tema investigado, luego se especifican los objetivos que rigen la secuencia del Trabajo de Grado y se establece la justificación indicando su importancia dentro de la sociedad. Se definen las limitaciones y los alcances de la investigación, para establecer claramente los límites dentro de los cuales se desarrolla el proyecto.

I.1 Planteamiento del problema

Existen diversas dificultades que afectan a parte de la población del estado Carabobo al momento de realizarse exámenes médicos especializados, como es el caso de los exámenes de RX. Una son las restricciones para trasladarse hasta los centros, debido a la distancia de sus viviendas.

En el estado Carabobo existen municipios y/o poblados que se encuentran distantes de la capital, en donde el servicio de transporte público



es deficiente, por lo que a éstas personas se les dificulta la posibilidad de movilizarse para hacerse estudios de RX.

El estado Carabobo está conformado por catorce municipios de los cuales siete de ellos, como San Joaquín, San Diego, Montalbán, Miranda, Libertador, Diego Ibarra y Los Guayos, no cuentan con hospitales que presten servicio de exámenes de RX [Instituto Nacional de Estadística, 2001], (ver en tabla I.1), lo que implica que los habitantes de estos municipios deben trasladarse hasta los centros más cercanos o en su defecto hasta cualquier otro centro privado para realizarse este tipo de estudios.

Tabla I.1 Establecimientos de salud por municipio

Estado Carabobo. Establecimientos de salud por municipio, según dependencia y tipo, 2002					
Municipio	Total	Hospitales	Ambulatorios		
			Total	Urbanos	Rurales
Bejuma	8	1	7	-	7
Carlos Arvelo	20	1	19	1	18
Diego Ibarra	4	-	4	2	2
Guacara	9	1	8	3	5
Juan José Mora	6	1	5	-	5
Libertador	12	-	12	2	10
Los Guayos	5	-	5	2	3
Miranda	3	-	3	1	2
Motalban	7	-	7	1	6
Naguanagua	6	3	3	2	1
Puerto Cabello	10	1	9	3	6
San diego	2	-	2	-	2
San Joaquín	2	-	1	1	-
Valencia	21	2	19	14	5

Fuente: Dirección de Epidemiología Regional, División de Información de Salud (EPI-12). Insalud 2001

Según el censo más reciente realizado en el año 2001 por el Instituto Nacional de Estadísticas, el estado Carabobo tiene 30,25% de habitantes que viven en estado de pobreza (ver tabla I.2), por tanto no disponen de recursos económicos para realizarse exámenes médicos especializados. Por



otra parte, otro aspecto que es importante considerar es el tiempo que disponen las personas para trasladarse desde su sitio de origen hasta el centro hospitalario.

Tabla I.2. Hogares pobres y no pobres

Estado Carabobo. Hogares pobres y no pobres, según municipio, censo 2001									
Municipio	Total	No pobres	(%)	Pobres no extremos	(%)	Pobres extremos	(%)	Pobres	(%)
Bejuma	8.816	6.469	73,38	1.709	19,39	638	7,24	2.347	26,62
Carlos Arvelo	26.632	15.223	57,16	6.597	24,77	4.812	18,07	11.409	42,84
Diego Ibarra	20.608	13.232	64,21	5.082	24,66	2.294	11,13	7.376	35,79
Guacara	34.055	23.400	68,71	8.422	24,73	2.233	6,56	10.655	31,29
Juan José Mora	11.487	7.083	61,66	2.678	23,31	1.726	15,03	4.404	38,34
Libertador	32.617	17.800	54,57	9.957	30,53	4.860	14,90	14.817	45,43
Los Guayos	29.344	18.965	64,63	7.997	27,25	2.382	8,12	10.379	35,37
Miranda	5.208	3.471	66,65	1.250	24,00	487	9,35	1.737	33,35
Montalban	4.652	3.280	70,51	1.082	23,26	290	6,23	1.372	29,49
Naguanagua	32.225	24.809	76,99	6.041	18,75	1.375	4,27	7.416	23,01
Puerto Cabello	37.581	25.531	67,94	8.039	21,39	4.011	10,67	12.050	32,06
San Diego	15.158	12.737	84,03	2.220	14,65	201	1,33	2.421	15,97
San Joaquín	11.122	5.938	53,39	4.183	37,61	1.001	9,00	5.184	46,61
Valencia	176.256	132.971	75,44	33.288	18,89	9.997	5,67	43.285	24,56

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

Adicionalmente, se pueden presentar limitaciones a grupos de personas que debido a sus condiciones de trabajo o cualquier otra situación especial (cárcel, cuartel, empresas, entre otras) le impidan llegar hasta los centros de radiología.

Existen pacientes que padecen de enfermedades que limitan su movilización y para verificar su estado de salud es indispensable realizarse exámenes de RX. Algunas de estas enfermedades son la miastenia Gravis, Ebpc, Guillain Barret, osteoporosis, pacientes cardiopatas y de la tercera edad [León R., 2009].

Como alternativa a este escenario, se plantea la posibilidad de adecuar una Unidad Móvil para prestar servicios radiológicos a comunidades,



poblaciones o individuos que por alguna razón se le dificulte la posibilidad de trasladarse a los centros especializados de RX.

I.2 Objetivos

I.2.1 Objetivo general

Diseñar una Unidad Móvil para prestar el servicio de radiología.

I.2.2 Objetivos específicos

- Investigar requisitos legales y normas asociadas a los centros de imagenología, ya que la unidad para poder operar debe cumplir con todos y cada uno de estos.
- Determinar los parámetros necesarios para la elaboración del diseño de la Unidad Móvil de radiología (equipos, materiales, espacios y servicios).
- Diseñar la Unidad Móvil radiológica, para ofrecer el servicio de imagenología en las comunidades.
- Establecer las características del vehículo automotor a seleccionar.
- Elaborar las especificaciones técnicas de construcción de la Unidad Móvil.
- Elaborar el estudio de costo para la fabricación de la Unidad Móvil de radiología.

I.3 Justificación de la investigación

Este proyecto beneficiará de forma directa a la comunidad en general, en especial a los sectores populares, áreas rurales, zonas indígenas, zonas fronterizas y sectores urbanos deprimidos; ya que la Unidad Móvil es una cabina que puede ser trasladada por medio cualquier vehículo de carga hasta estos sitios durante las jornadas de asistencia médica preventiva, diagnósticos en hospitales y centros médicos. Adicionalmente, las unidades



móviles de servicio radiológico pueden servir de contingencia a centros hospitalarios, clínicas y ambulatorios que se encuentren congestionados y/o que presenten problemas operacionales en tales equipos.

Por otra parte, el equipo móvil de radiología sería de gran apoyo a las empresas durante las evaluaciones médicas preventivas periódicas que deben realizarse a sus empleados [LOPCYMAT, 2005], ya que se puede disminuir el ausentismo debido al traslado del trabajador hacia los centros médicos especializados.

I.4 Limitaciones de la investigación

Los obstáculos que pueden presentarse a lo largo del desarrollo de la investigación están relacionados a la disponibilidad de la documentación legal y técnica asociada con el desarrollo del diseño, así como los requeridos para la obtención de permisos gubernamentales. Así mismo la falta de recursos económicos para la construcción de la Unidad Móvil Radiológica que permita la verificación de su factibilidad dentro de la sociedad puede presentarse como limitación adicional.

I.5 Alcance de la investigación

El trabajo no contempla la construcción de la Unidad, sólo se realizará el diseño de la misma.

Las investigaciones sobre los centros de imagenología existentes se realizarán dentro de los límites del estado Carabobo.

La Unidad debe cumplir con las exigencias legales que aplican para el funcionamiento de los centros de radiología.

El análisis de costos se realizará teniendo como basamento teórico los conocimientos de estudio de factibilidad técnico - económica, y estimará el valor de la fabricación de la unidad móvil de radiología en bolívares corrientes actuales.



En el diseño de la estructura física y de los equipos se cumple con las normativas. No se considera el desarrollo del manual de funcionamiento de la misma, ni la documentación técnica para el personal.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Este capítulo considera los antecedentes de la investigación los cuales representan la referencia para lograr los objetivos planteados.

Adicionalmente, se exponen las bases teóricas que ofrecen un conjunto de conceptos y proposiciones que constituyen un enfoque determinado, permitiendo así entender de manera más fácil el marco de la investigación.

II.1 Antecedentes de la investigación

A continuación se presentan varios trabajos que sirven de sustento teórico para la presente investigación:

Madrigal (1996), realizó un “Programa de detección precoz de cáncer de mama de la Región de Murcia”, en una unidad móvil de mamografía mediante la evaluación y control de resultados obtenidos por la Asociación Española Contra el Cáncer (AECC) de Murcia.



II.2 Bases teóricas

II.2.1 Exámenes de radiología [Covenin, 2000:218-1]

Los exámenes de radiología son estudios que se realizan para determinar diversos tipos de enfermedades y lesiones en los pacientes, específicamente, aquellas que no pueden ser apreciadas a simple vista por los médicos tratantes y además de esto las que necesitan un estudio más complejo. Estos estudios tratan la morfología mediante imágenes obtenidas a través de radiaciones ionizantes

II.2.2 Los Rayos X [Línea Clínica, 2001]

Los RX utilizan energía electromagnética invisible para obtener imágenes de los tejidos internos, los huesos y los órganos en una placa. Los RX se realizan empleando radiación externa para producir imágenes del cuerpo, sus órganos y otras estructuras internas con fines de diagnóstico. Los RX pasan a través de las estructuras del cuerpo hasta unas placas, especialmente tratadas y se hace una foto tipo "negativo" (cuanto más sólida es la estructura, más blanca aparece en la placa). Cuando el cuerpo se somete a los RX, diferentes partes del cuerpo admiten cantidades variables de RX a través de ellas. Los tejidos blandos del cuerpo (como la sangre, la piel, la grasa y el músculo) dejan que la mayoría de los RX los atraviesen y aparecen en gris oscuro en la placa. Un hueso o tumor, que es más denso que los tejidos blandos, permite que pasen menos RX a través de él y aparece en color blanco en la placa. En una fractura de un hueso, el haz de RX pasa a través de la zona rota y aparece como una línea negra en el hueso blanco.

II.2.3 Película radiográfica [Línea Clínica, 2001]

Es un acetato que posee una superficie sensible a la luz y radiación, consta de una gelatina o emulsión con multitud de cristales de plata. La



gelatina que se encuentra en el acetato produce una modificación física al exponerse a la luz y radiación, llamada imagen latente que para poder ser vista se utilizan métodos químicos como el revelado y fijado.

II.2.4 Miembros del equipo de radiología [Línea Clínica, 2001]

El funcionamiento de calidad de los exámenes y procedimientos de radiología, junto con una interpretación precisa y oportuna de los resultados del procedimiento radiológico, los llevan a cabo un equipo multidisciplinario de profesionales del cuidado de la salud. El equipo de radiología incluye médicos, técnicos y enfermeros:

- **Médicos:** El equipo de radiología está dirigido por uno o más radiólogos, que son médicos especializados en el campo de la radiología. Los radiólogos son responsables de interpretar los resultados de los exámenes.
- **Técnicos:** Los técnicos radiólogos son responsables de realizar muchos de los diversos tipos de exámenes radiológicos, incluyendo RX, tomografías computarizadas (CT), resonancias magnéticas (MRI), mamografías y ecografías.
- **Enfermeros:** Los enfermeros son responsables de evaluar y documentar el estado del paciente, consultar con el radiólogo las necesidades específicas para el cuidado del paciente y proporcionarles información educativa a los pacientes en relación con su procedimiento radiológico.

II.2.5 Seguridad en la sala de radiología [Pisón y Klisich, 1999]

Los RX son radiaciones ionizantes, por lo cual son potencialmente perjudiciales para los tejidos al producir ionización del agua que los componen y producir radicales libres, los cuales son responsables del mayor daño a los tejidos. Un porcentaje menor de los RX actúan directamente sobre el ADN, produciendo rupturas en la cadena, daño al nucléolo, entre otros.



Para minimizar la exposición a la fuente de radiación, en caso del equipo de RX, se logra mediante las siguientes medidas:

- **Distancia.** Aumentar la distancia entre el técnico y la fuente de radiación.
- **Tiempo.** Reducir el tiempo de exposición.
- **Blindaje.** Usar barreras protectoras entre el individuo y la fuente de radiación.

Los blindajes comprenden, por un lado lo referente a la estructura de la habitación (paredes plomadas de suficiente espesor) y del equipo, con colimadores que limitan el tamaño del haz primario de rayos y por el otro el blindaje que comprende los biombos plomados, delantales, guantes plomados, lentes y collarines.

II.2.6 Radiografía computarizada (CR) [Línea Clínica, 2001]

El CR consiste en sustituir una placa de fósforo de almacenamiento por una placa fosforescente emisora de luz dentro del chasis radiográfico. El fósforo de la placa emite una pequeña cantidad de luz, la cual atraviesa al paciente como una imagen latente. Ésta es luego leída por una serie de dispositivos electrónicos y de amplificación, que hacen la imagen y puede ser visualizada en un monitor. La dosis recibida por CR es de un 20 a 40 % inferior a los estudios realizados por placas radiográficas.

II.2.7 Los digitalizadores de películas. [Chavarri y Lloret, 2005]

También llamado Scanner, permite digitalizar las imágenes radiográficas que están en soporte de película. Consiste en que el rayo láser barre toda la película bajo el control de un microprocesador, y la luz transmitida a través de la película, es recogida por un foto-multiplicador, el cual convierte la intensidad de luz recibida en corriente eléctrica. Esta señal



eléctrica pasa a través de un convertidor analógico-digital A/D a un ordenador, obteniéndose una imagen digital en pantalla.

II.3 Bases legales.

Para el desarrollo de la investigación es necesario conocer una serie de requisitos legales que regulan el diseño de la unidad móvil de radiología; dentro de las cuales se encuentran:

- COVENIN 218-1:2000: Protección contra radiaciones ionizantes provenientes de las fuentes externas usadas en medicina. Parte 1: Radiodiagnóstico, Médico y Odontológica.
- COVENIN 218-2:2000: Protección contra radiaciones ionizantes provenientes de las fuentes externas usadas en medicina. Parte 2: Radioterapia.
- COVENIN 2026:1987: Transporte de bultos y equipos que contengan material radioactivo.
- COVENIN 2257:1995: Radiaciones ionizantes. Clasificación, señalización y demarcación de las zonas de trabajo.
- COVENIN 2258:1995: Vigilancia radiológica. Requisitos
- COVENIN 2259:1995: Radiaciones ionizantes. Límites anuales de dosis.
- COVENIN 2274:1997: Servicio de salud ocupacional en centros de trabajo. Requisitos.
- COVENIN 2497:1988: Laboratorio para disimetría personal. Requisitos de operación.
- COVENIN 3190:1995: Blindajes para contenedores de fuentes radioactivas. Requisitos mínimos.
- Art. 49 y Art. 41 De la Ley de Tránsito y transporte Terrestre, la cual indica las dimensiones establecidas para camiones de remolque, donde



el ancho máximo es de 2,6 m, altura máxima es de 3,9 m y de largo 12 m sin combinación vehicular.

- Norma Sanitaria para la Autorización y el Control de las Radiaciones Ionizantes en Medicina, Odontología y Veterinaria.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

A continuación se describe la metodología básica empleada para la recopilación de los datos utilizados para resolver el problema propuesto. Adicionalmente, se define el procedimiento a seguir para el desarrollo del trabajo y el nivel de investigación dentro del cual se encuentra el mismo.

III.1 Nivel de la investigación

De acuerdo a la naturaleza del proyecto, éste reúne las características de un proyecto factible, ya que la unidad móvil radiológica permitirá el logro de los objetivos propuestos como un servicio a la comunidad.

De igual manera, se considera un proyecto factible debido que está orientado al diseño de una propuesta, para solucionar un problema planteado o para satisfacer las necesidades previamente detectadas en el medio según la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (1998).

Por otra parte, el nivel de investigación de este trabajo es también del tipo descriptivo ya que este busca especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades



o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis según la Universidad Central de Venezuela (2001).

III.2 Diseño de la investigación

La investigación planteada, cuyo objetivo general está referido a Diseñar una Unidad Móvil para prestar el servicio de radiología, constará de las siguientes fases:

Tabla III.1. Fases para el diseño de la investigación

Fase 1	Realizar investigaciones acerca de la radiología, equipos a utilizar, normas y leyes establecidas	Investigar acerca de la situación actual de la radiología
		Recopilar información sobre los requisitos legales que se deben cumplir al momento de diseñar centros de radiología
		Seleccionar de equipos radiológicos
Fase 2	Especificar pesos, materiales, dimensiones y servicios necesarios para los equipos a utilizar; así como también, la distribución de espacio dentro de la unidad	Definir Criterios y Restricciones para el diseño de la unidad de RX
		Realizar la distribución del espacio físico
		Establecer las normas de diseño de los centros de imagenología
		Determinar materiales para paredes, techo y piso
Fase 3	Diseñar la Unidad Móvil tomando en cuenta las normas y leyes correspondientes a esta investigación	Determinar materiales para las estructuras
		Diseñar la extensión de la Unidad Móvil de RX
		Diseñar la estructura fija de la Unidad Móvil de RX
		Diseñar los acoples para convertir la unidad en una cabina de cuerpo bajo
		Analizar los requerimientos de los equipos a utilizar (suministro energía eléctrica y acondicionamiento de ambiente)
Fase 4	Estudio de Costos	Realizar el diseño de la distribución eléctrica
		Realizar el estimado de costo para la construcción de la unidad

Fuente: Propia

CAPITULO IV

DISEÑO DE LA UNIDAD MÓVIL

En el siguiente capítulo, se exponen todas las actividades que se contemplan en las fases de la investigación, para la realización del diseño. Se presenta la documentación acerca de la radiología y los centros de imagenología, así como las normas, criterios y restricciones de acuerdo con lo desarrollado. Posteriormente se realiza el diseño de los componentes de la unidad que deben ser estudiados por separado.

Así mismo, se realiza el diseño del sistema eléctrico que posee la Unidad Móvil para satisfacer las necesidades de consumo energético.

Finalmente, se realiza un estimado de costo para la fabricación de la unidad asociado a la descripción de las partidas de construcción de la Unidad Móvil para el Servicio Radiológico.



IV.1 Generalidades del diseño

IV.1.1 Situación actual de la radiología

Para la realización de este proyecto, es indispensable tener un conocimiento general de la radiología y lo que implica su aplicación, para así obtener suficiente información técnica que permita desarrollar el proyecto.

IV.1.2 Requisitos legales para el diseño de centros de radiología

Se deben investigar las leyes, reglamentos y requisitos que regulan a los centros donde se realicen RX para aplicar los artículos concernientes al proyecto de grado de manera que el diseño cumpla con la normativa legal.

IV.1.3 Selección de equipos radiológicos

Se seleccionan los equipos de radiología necesarios que debe tener la Unidad para que los pacientes se beneficien de una tecnología de punta, como se puede observar en la figura IV.1, tomando en cuenta los exámenes de radiología más comunes en la comunidad. Con la lista de equipos, planos y espacios necesarios para su correcto funcionamiento. Los equipos a utilizar en la unidad móvil son:

Equipo de radiología CONRAD, este es un generador de RX tradicional para realizar exámenes, uno de los mas comercializados en el mercado (Ver anexo 1).

Scanner es un dispositivo que permite digitalizar las imágenes radiográficas que están en soporte de película, este equipo es necesario para establecerse la tecnología digital por el método indirecto (Ver anexo 2).

Impresora, este equipo nos permite procesar la película radiográfica (Ver anexo 3).



Figura IV.1. Equipos de radiología para La Unidad de RX

IV.2 Especificaciones del sistema a diseñar

IV.2.1 Criterios y Restricciones para el diseño de la Unidad de RX

Los criterios y restricciones descritas a continuación, se toman en cuenta para realizar el diseño, y así satisfacer las normas y requerimientos para la unidad móvil.

Criterios:

- Facilidad de acceso de los pacientes a la Unidad Móvil.
- Facilidad de traslado de la Unidad Móvil.
- Efectividad en el cumplimiento de las funciones principales.

Restricciones:

- La unidad radiológica debe ser móvil.
- El diseño debe tener un espacio mínimo de 20m².



- La unidad móvil tendrá tecnología digital por el método indirecto.
- La temperatura de operación de la unidad debe estar comprendida entre (15-30) °C.
- Las paredes deben estar recubiertas con 3 mm de plomo.

IV.2.2 Distribución del espacio físico

Para realizar la distribución se deben considerar las dimensiones de los equipos, los espacios libres requeridos, las facilidades para desplazarse y los servicios que debe tener la unidad para las necesidades de los pacientes y de los empleados (baño, camilla, silla de rueda, sillas).

Las siguientes figuras muestran la distribución de los equipos en la Unidad Móvil seleccionada, la cual es la solución más acorde con los diseños previamente realizados para cumplir con las necesidades planteadas (Ver figura IV.2 y IV.3).

En la figura IV.2 se puede observar que la Unidad Móvil tiene la medida estándar para vehículos de carga (contenedor) [Ley de tránsito y transporte terrestre, 2001], la cual contempla 6000 mm de largo y 2600 mm de ancho. En la parte superior izquierda se encuentra el espacio ocupado por el equipo radiológico que es de 4000x2000 mm². Éste debe estar cubierto con una pantalla de plomo para contener la radiación, la cual está representada con una línea negra alrededor de las paredes, de acuerdo con la norma COVENIN 218-1:2000. La Unidad de servicio radiológico también cuenta con un baño, un espacio de depósito en la parte superior derecha destinado para colocar los tableros eléctricos y el aire acondicionado con acceso por la entrada auxiliar, entre otros. Además estarán instalados todos los equipos asociados al equipo radiológico en la parte inferior derecha.

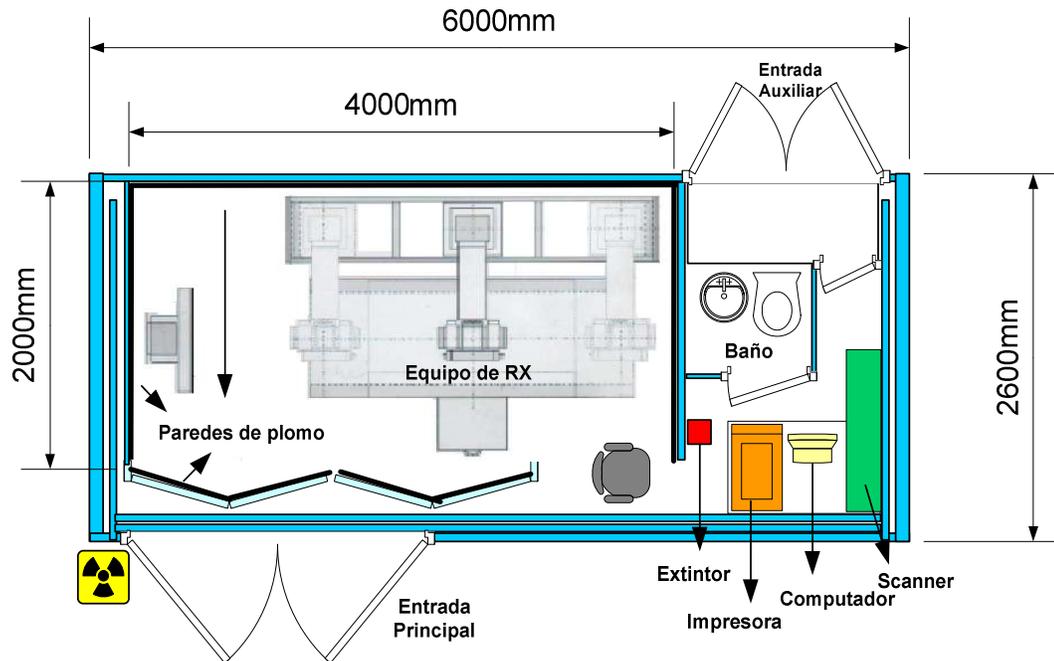


Figura IV.2. Distribución de Planta de la Unidad de RX

En la figura IV.3 se muestra la Unidad de servicio radiológico extendida, en la cual se puede observar el espacio disponible para circular dentro de la misma; y por otra parte, el espacio disponible para colocar camillas y silla de ruedas. El escritorio debe rotarse de modo que cuando se extienda la unidad quede de forma apropiada y permita al operador trabajar cómodamente. Como el computador no está al frente del equipo de RX, se coloca una cámara en el escritorio para que el técnico radiólogo pueda observar el paciente. [COVENIN 218-1, 2000]

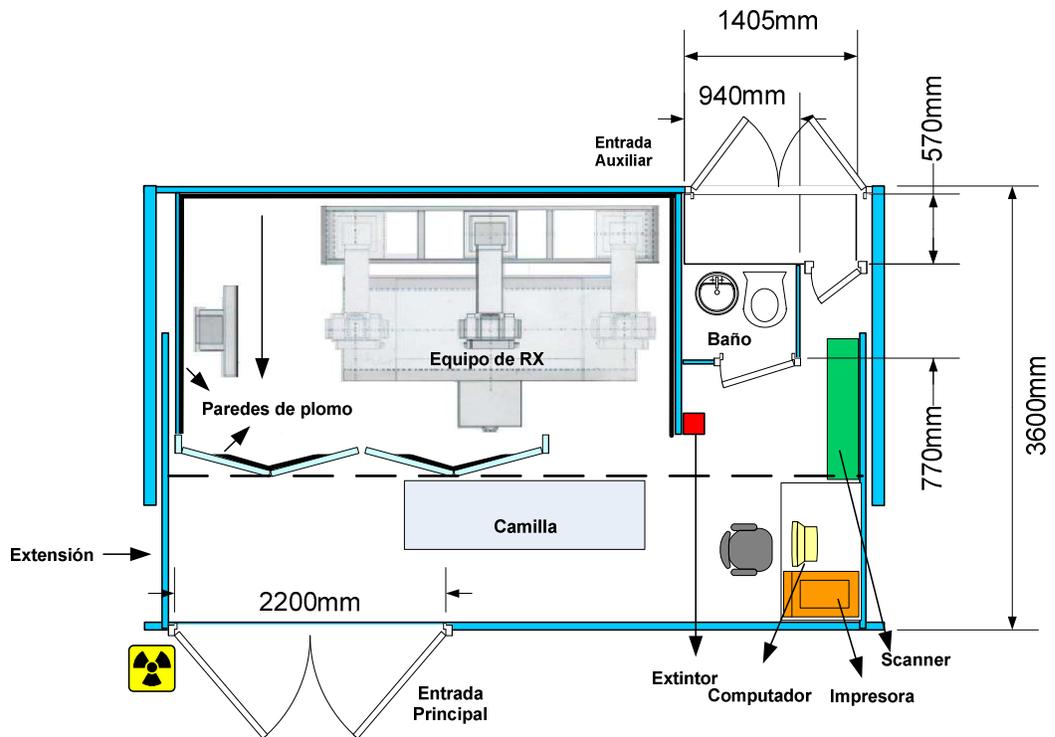


Figura IV.3. Distribución de Planta de la Unidad de RX con la extensión

IV.2.3 Normas de diseño de los centros de imagenología

- La unidad debe contar con un baño conformado por un retrete y un lavamanos, de acuerdo con lo establecido por la norma COVENIN 218 – 1: 5.2 Requisitos; 5.2.3., para centros que ofrezcan diferentes exámenes. Ver figura 2
- Las paredes de la Unidad Móvil deben estar cubiertas de plomo, ya que este material funciona como una pantalla protectora de RX, el mismo está establecido en la norma COVENIN 218 – 1, 5.1 Requisitos 5.1.15. “Para los procedimientos radiográficos en los cuales las gónadas estén expuestas al haz útil de radiación, se debe usar un blindaje protector de



un espesor equivalente a 3 mm de plomo; quedan exceptuados los casos en que el blindaje interfiera en el procedimiento del diagnóstico.”

- La iluminación dentro de la Unidad Móvil está regida por la ley:
 - COVENIN 218-1: 5.2 De las instalaciones, 5.2.9. “Los servicios de RX deben contar con un área de iluminación adecuada para analizar e informar los estudios radiológicos”
- La simbología utilizada dentro de la Unidad Móvil: según los requerimientos legales dentro de los cuales está enmarcada la presente investigación, es necesario hacer uso de la simbología radiográfica COVENIN 96 -92: 3 Requisitos; 3.3 Reglas de aplicación. “El símbolo básico deberá ser colocado en un sitio visible y legible desde una distancia segura según lo establecido en la Norma Venezolana COVENIN 187 y garantizando el cumplimiento de la Norma Venezolana COVENIN 2259 y sus medidas deberán estar en proporción con las del objeto material que se ha señalar”. Ver Anexo 4
- Medidas de Seguridad contra incendios: según la norma COVENIN 1040–89 EXTINTORES PORTATILES GENERALIDADES. La Unidad Móvil con un área de 22 m², necesita un extintor de 20 lb de dióxido de carbono ubicado en un lugar accesible a una altura máxima sobre el piso de 1,30 m. Ver figura IV.2 y IV.3 [Hernandez C., 2009]
Según la norma COVENIN 1472:2000 NORMA VENEZOLANA LAMPARA DE EMERGENCIA. La Unidad Móvil debe estar dotada como mínimo de una lámpara de emergencia.

IV.2.4 Materiales para paredes, techo y piso

Las paredes y techo se realizan con una estructura de diferentes capas, las cuales están formadas por dos láminas delgadas exteriores, de plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV) de 5 mm de espesor, que encierran un núcleo de mayor espesor y baja densidad, espuma rígida de poliuretano de

alta densidad íntimamente unidos entre sí, los cuales se comportan como una estructura continua. Este material es utilizado comercialmente para la fabricación de unidades médicas como ambulancias, clínicas móviles, entre otros, (Ver figura IV.4). (Fabricante: Tecnoenpol, tecnología en poliéster, estudios proyectos en PRFV). Para mayor información ver anexo 5.

El piso se realiza con una estructura de compuesto marino, el cual debe estar cubierto por un piso goma.

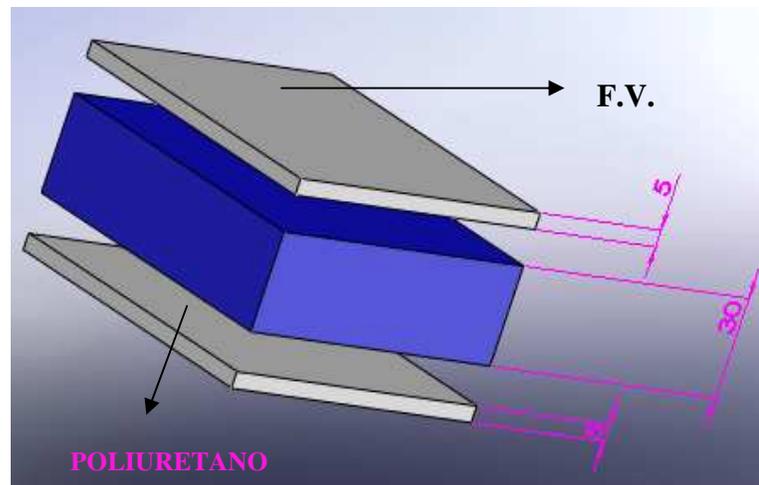


Figura IV.4. Estructura de techos y paredes en PRFV

IV.2.5 Materiales para la estructura

Se utilizan tubos estructurales debido a su forma regular de caras lisas, las cuales permiten aplicar fácilmente las pinturas de fondo y acabados reduciendo los desperdicios, presentan menor área a pintar y facilitan su mantenimiento. Además permite hacer uniones directas tubo a tubo añadiendo versatilidad al diseño y belleza en los acabados.

IV.3 Diseño la Unidad Móvil

IV.3.1 Diseño de la extensión

Debido a las dimensiones de los equipos es necesario realizar una extensión lateral a la Unidad de un metro, esto con la finalidad de contar con el espacio requerido para el desarrollo de las actividades dentro de la misma. Para el diseño de la estructura se utiliza aluminio, ya que éste es un material liviano, lo que permite mejor movilidad a la extensión al momento de expandirse. Se diseñan los espacios dentro de la Unidad para incluir camillas y sillas de ruedas, según la norma COVENIN 218 – 1; 5.2; De las instalaciones; 5.2.3.

La estructura de la extensión se puede observar en la figura IV.5, la cual tiene 2,2 m de altura, 5,7 m de largo y 2,4 m de ancho. Ésta encajará y se trasladará dentro de la estructura fija por medio de un sistema guiado horizontalmente mediante rieles y rodamientos, los cuales serán movidos por una cremallera accionada utilizando un motor eléctrico.

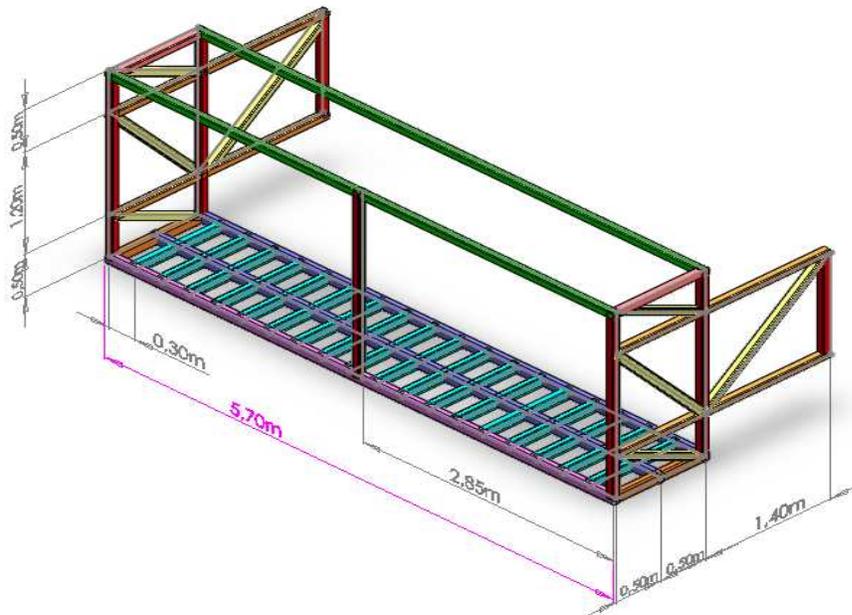


Figura IV.5. Estructura de la extensión

IV.3.1.1 Estructura de la extensión

Para la estructura de la extensión, el material que se utiliza en las columnas y vigas es aluminio, por su baja densidad, permite que la estructura sea más liviana. Para una primera aproximación y simplificar los cálculos se tienen en cuenta las siguientes consideraciones, las cuales se destacan:

- Las vigas son largas y están simplemente apoyadas, esta premisa permite considerar que no exista torsión en las mismas, aunado a esto esta condición es mas critica lo cual disminuye el factor de seguridad.
- Se desprecian los pesos de los miembros (vigas y/o columnas).
- Todas las uniones se comportan como articulaciones ideales.
- Todas las cargas externas se aplican directamente en las articulaciones.
- Para el diseño de la estructura de la extensión se toma en cuenta sólo el peso de las personas, ya que en ella solo circularan individuos.

En la siguiente figura se observa la nomenclatura de los elementos de la estructura de la extensión.

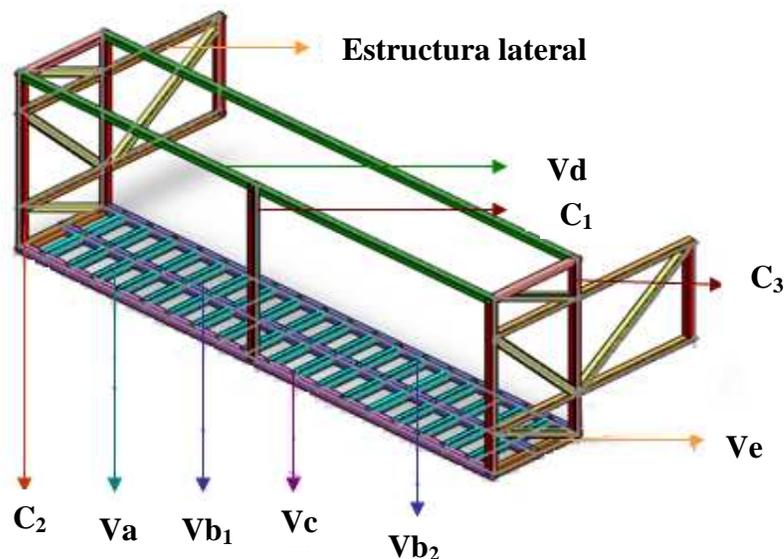


Figura IV.6 Elementos estructurales de la extensión

IV.3.1.2 Estructura del piso de la extensión

La figura IV.7 indica la disposición del entramado del piso de la extensión. Para la cual la plataforma está soportada por viguetas y se considera que estas trabajan como vigas simplemente apoyadas. Las viguetas a su vez están apoyadas en vigas de mayor tamaño, llamadas traveses o vigas maestras, que se apoyan en los soportes.

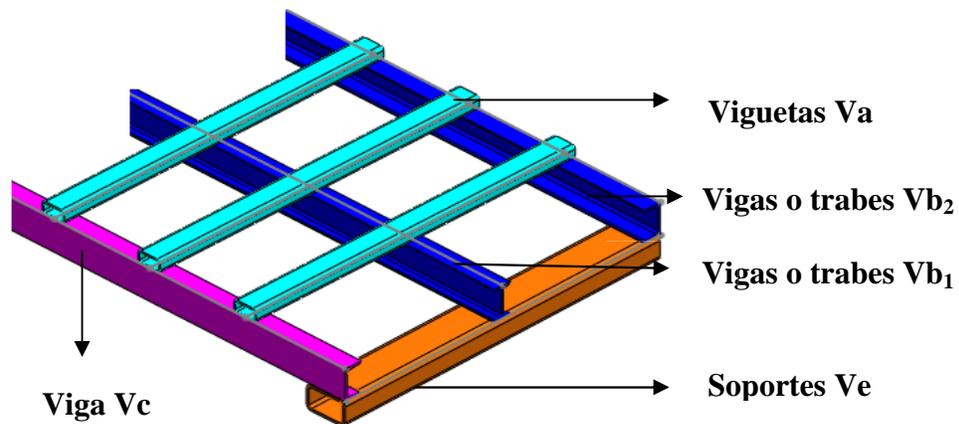


Figura IV.7. Detalle del entramado del piso de la extensión

Las viguetas Va, están simplemente apoyadas en sus extremos sobre las vigas Vb₁, Vb₂ y Vc. Estas a su vez son traveses que se apoyan sobre la viga Ve como se muestra en las figura IV.7 y IV.8. Para el cálculo de éstas vigas se plantea la hipótesis que la extensión está completamente ocupada por personas, éste criterio se considera como un factor de seguridad para un diseño robusto de las estructuras de la unidad.

Para estimar la carga promedio (Fp) que esta aplicada en la vigueta Va se utiliza la siguiente ecuación.

$$F_p(N) = N^\circ \text{ personas} \left(\frac{\text{Personas}}{m^2} \right) \times \text{Peso} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{Personas}} \right) \times \text{area}(m^2) \times g \left(\frac{m}{s^2} \right) \quad \text{Ec.IV.1}$$

Sabiendo que en 1 m² caben 6 personas con un peso aproximado de 85 Kg cada una [Duplex].

La distancia de separación entre cada viga V_a es de 0,3 m y la longitud de la misma es de 0,5 m, entonces se tiene una superficie de $0,15 \text{ m}^2$ (Ver figura IV.8). A partir de esta superficie ($0,15 \text{ m}^2$) y sustituyendo en la Ec.IV.1 se obtiene:

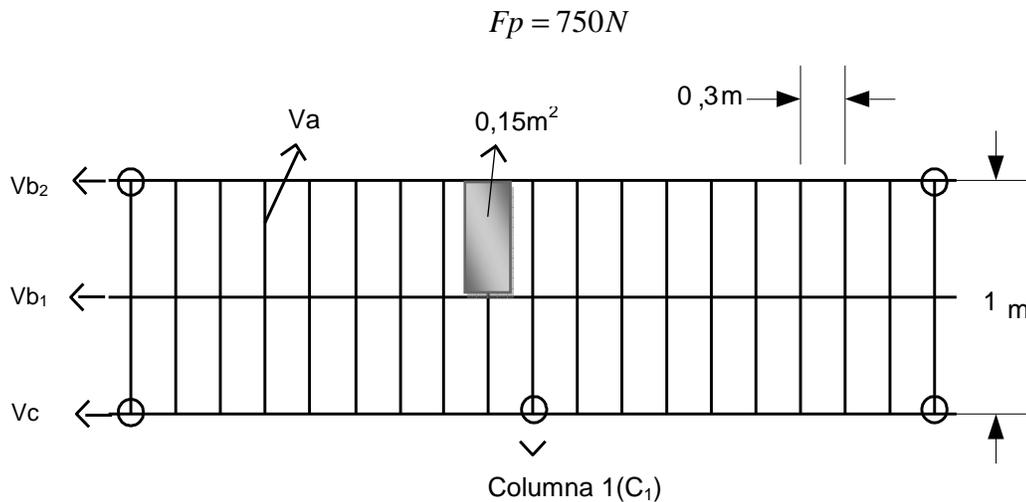


Figura IV.8 Vista de planta del piso y cargas

En la estructura de la extensión existen vigas que se encuentran estáticamente indeterminadas, como es el caso de las vigas V_a , V_c y V_e . En estas condiciones para simplificar los cálculos, se analiza un tramo de las vigas, lo que permite determinar las reacciones que actúan sobre las mismas, como si éstas fuesen estáticamente determinadas. Además de facilitar los cálculos éste análisis permite estudiar la estructura como un entramado que está al mismo nivel [Russo G., 2009].

El cálculo de las vigas se realiza mediante el uso de diagramas de cuerpo libre, para determinar las reacciones existente en la misma [Singer, 2002], como se muestra en la figura IV.9 para la viga V_a .

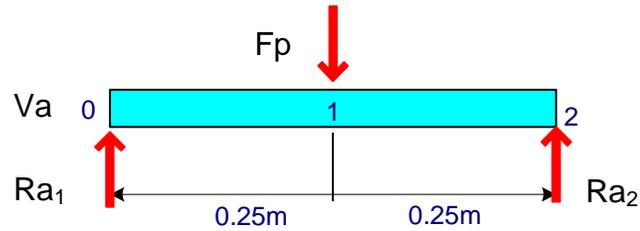


Figura IV.9. Diagrama de cuerpo libre de la Viga (Va)

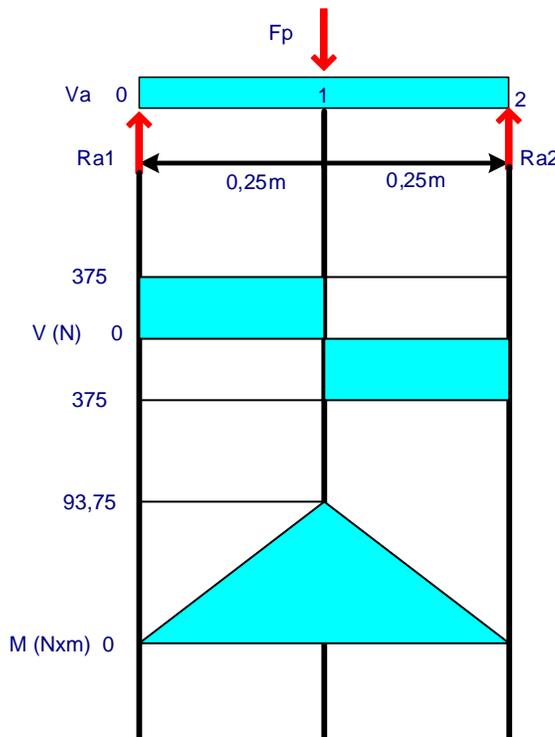
Cálculo de sumatoria de momento flector:

$$\curvearrowright + \sum M_0 = 0 \quad Ra_2 = 375 \text{ N} \quad \text{Ec.IV.2}$$

$$+ \uparrow \sum F_y = 0 \quad \text{Ec.IV.3}$$

$$Ra_1 = 375 \text{ N}$$

Las fuerzas de corte (V) y los momentos flectores (M) se evalúan a partir de los diagramas correspondientes:



Corte:

$$V = (\sum Y)_{IZQ} = 0 \quad \text{Ec.IV.4}$$

$$V_0 = Ra_1 \quad V_0 = 375 \text{ N}$$

$$V_1 = V_0 - F_p$$

$$V_1 = (375 - 750) = -375 \text{ N}$$

$$V_2 = V_1 + Ra_2 \quad V_2 = 0 \text{ N}$$

Momento:

$$M = (\sum M)_{IZQ} = 0 \quad \text{Ec.IV.5}$$

$$M_0 = 0 \quad M_1 = V_0 \times (X - 0,25)$$

$$M_1 = M \text{ max} = 375 \text{ N} \times (0,5 - 0,25) \text{ m}$$

$$M_1 = M \text{ max} = 93,75 \text{ Nxm}$$

$$M_2 = M_1 - V_1 \times (-0,25 + X)$$

$$M_2 = 0 \text{ Nxm}$$

Figura IV.10. Diagrama de corte y momento de la viga (Va)



Para seleccionar las vigas se toma en cuenta el momento de resistencia, por lo cual se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$S_x = \frac{M \max}{S_{y_s}} \quad \text{Ec.IV.6}$$

$$S_{y_s} = 0,5S_y \quad \text{Ec.IV.7}$$

Donde:

S_x : Momento de resistencia del cálculo (mm^3).

$M \max$: Momento máximo que actúa sobre la viga ($N \times m$).

S_{y_s} : Resistencia de fluencia a corte (MPa).

$S_y = 105 \text{ MPa}$: Esfuerzo de fluencia del material de la viga (MPa). Ver apéndice 1.

Sustituyendo la ecuación IV.6 y IV.7 se tiene que:

$$S_x = 1780 \text{ mm}^3$$

Una vez obtenido el momento de resistencia (S_x) se compara con el momento de resistencia de la viga (S_{xviga}), el cual se toma del catálogo del fabricante de tubos estructurales, para luego calcular el factor de seguridad mediante la siguiente ecuación:

$$N = \frac{S_{xviga}}{S_x} \quad \text{Ec.IV.8}$$

Para la viga V_a se selecciona un tubo estructural rectangular de $80 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$, con un $S_{xviga} = 9210 \text{ mm}^3$. Ver apéndice 2

Sustituyendo en la ecuación IV.8:

$$N = 5,2$$

Con el valor de seguridad obtenido se demuestra que la viga V_a es capaz de soportar la carga estática aplicada.

El estudio de la deflexión de las vigas se realiza utilizando el método de superposición, ésta deflexión por condiciones de diseño debe ser menor a dos grados. $\phi \leq 2^{\circ}$ [Singer, 2002].

En la figura IV.11 se muestra la deflexión que puede experimentar la viga Va para las condiciones de trabajo.

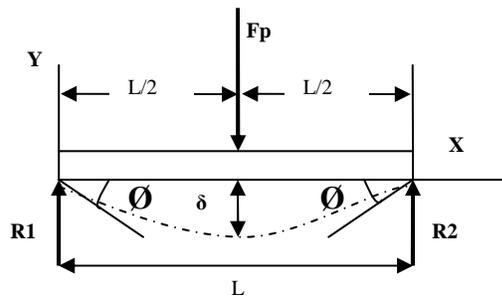


Figura IV.11. Esquema del tipo de carga de la viga Va

La ecuación correspondiente al cálculo de la deflexión es:

$$\phi = \frac{FpL^2}{16EI} \quad \text{Ec.IV.9}$$

Donde:

ϕ : Angulo de deflexión ($^{\circ}$)

Fp : Carga Aplicada en la viga V_a (N). $Fp = 750 \text{ N}$

L : Longitud de la viga (m). $L = 0,5 \text{ m}$

E : Modulo de elasticidad de la viga (Pa). $E = 69 \times 10^9 \text{ Pa}$

I : Inercia de la viga (m^4). $I = 18,429 \times 10^{-6} \text{ m}^4$ Ver apéndice 2

$\phi = 9,08 \times 10^{-6} \text{ rad}$

$$\phi = 0,0005^{\circ} \leq 2^{\circ}$$

El ángulo resultante esta dentro del intervalo establecido, lo que indica que la viga Va no falla.

Para el estudio de las próximas vigas se debe tomar en cuenta las magnitudes de las reacciones obtenidas, son iguales a las magnitudes de las fuerzas en las vigas en donde éstas se encuentran apoyadas, $F_i = -R$

Como por ejemplo: $F_a = -R_a$

La viga Vb soporta un extremo de la viga Va, y a su vez, se apoya en la viga Ve (Ver figura IV.6). En la siguiente figura se representa el diagrama de cuerpo libre de la viga Vb y Fa la carga que esta aplicada por cada una de las vigas Va.

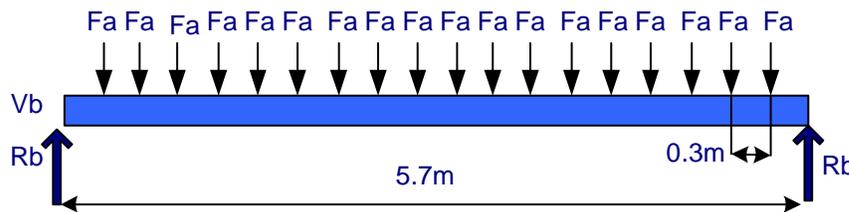


Figura IV.12. Diagrama de cuerpo libre de la Viga (Vb)

La viga Ve actúa como soporte de todas las vigas anteriormente descritas. En la figura IV.13 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la viga Ve.

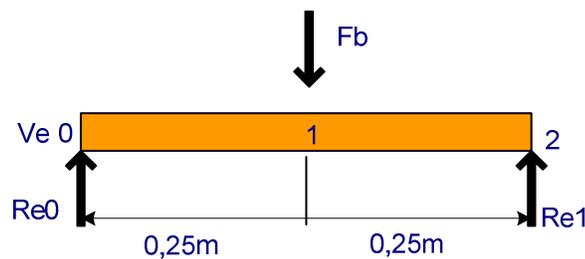


Figura IV.13. Diagrama de cuerpo libre de la Viga (Ve)

Al igual que la viga Vb, la viga Vc soporta un extremo de la viga Va de forma distribuida y se apoya en la viga Ve. Ver figura IV.14.

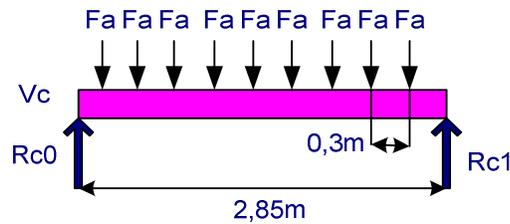


Figura IV.14. Diagrama de cuerpo libre de la Viga (Vc)

La reacción en la viga Vc es la fuerza ejercida sobre la viga Vd y ésta está apoyada en las columnas de los extremos (Ver figura IV.15).

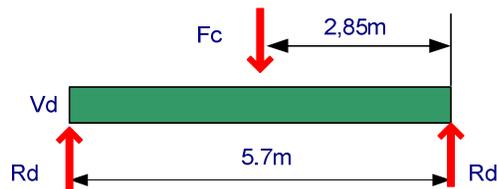


Figura IV.15. Diagrama de cuerpo libre de la Viga (Vd)

Para el análisis de los cuerpos libres descritos anteriormente se usan las ecuaciones desde la IV.1 hasta la IV.6, siguiendo el procedimiento definido en el estudio de la viga Va.

En la figura IV.16 simboliza el diagrama general de cuerpo libre que permite hacer el estudio de todas las vigas.

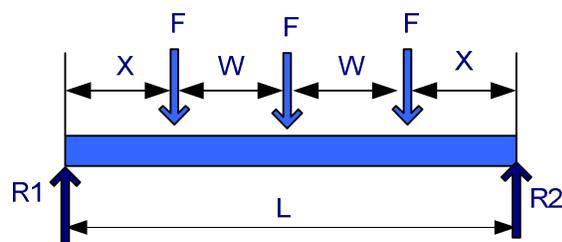


Figura IV.16. Diagrama general de las vigas de la extensión

En la tabla IV.4 se encuentran los datos y resultados obtenidos de cada una de las vigas estudiadas:



Tabla IV.1. Datos y resultados de las vigas

Vigas	L [m]	Nº de F	Distancia entre F (W), [m]	Distancia entre F y R (x), [m]	Valor F [KN]	R1 [KN]	R2 [KN]	Mmáx [KNxm]	Sx [Cm ³]	Viga [mm]	Sx Viga [mm ³]	N	Ø (°)
Va	0,5	1	0	0,25	0,75	0,37	0,37	0,093	1780	Rectangular 80x40	9.210	5	0,05
Vb1	5,7	18	0,3	0,3	0,37	3,37	3,37	1,01	19280	Doble U 80x60/50	26.560	1,4	0,8
Vb2	5,7	18	0,3	0,3	0,37	3,37	3,37	1,01	19280	En U 120x60	38.820	2	0,8
Vc	2,85	9	0,3	0,3	0,37	1,68	1,68	0,50	9640	En U 120x60	38.820	4	0,1
Vd	5,7	1	0	2,85	1,68	0,84	0,84	0,42	8030	Rectangular 100x50	22.460	2,79	1,1
Ve	1	1	0	0,5	3,37	1,68	1,68	0,84	16070	Rectangular 120x60	33.800	2,1	0,1

Fuente: Propia

Para las vigas, Va, Vd y Ve se selecciona un tubo estructural rectangular, ya que éste tiene alta resistencia a la flexión. Las especificaciones de las mismas se encuentran en el apéndice 2.

Para las vigas Vb₂ y Vc se escoge un perfil en U (ver apéndice 3 y 4). Este perfil es uno de los más eficientes, ya que tiene alta resistencia trabajando a la flexión como viga, [Singer, 2002].

Para verificar si la estructura del techo de la extensión puede sostener a la estructura del piso en el centro con columna C₁, se evalúa la relación y(Vb)>y(Vd), siendo “y” el desplazamiento vertical. En este caso se selecciona la viga Vb por ser la más esforzada en la estructura del piso, para compararla con el pandeo de la viga Vd.

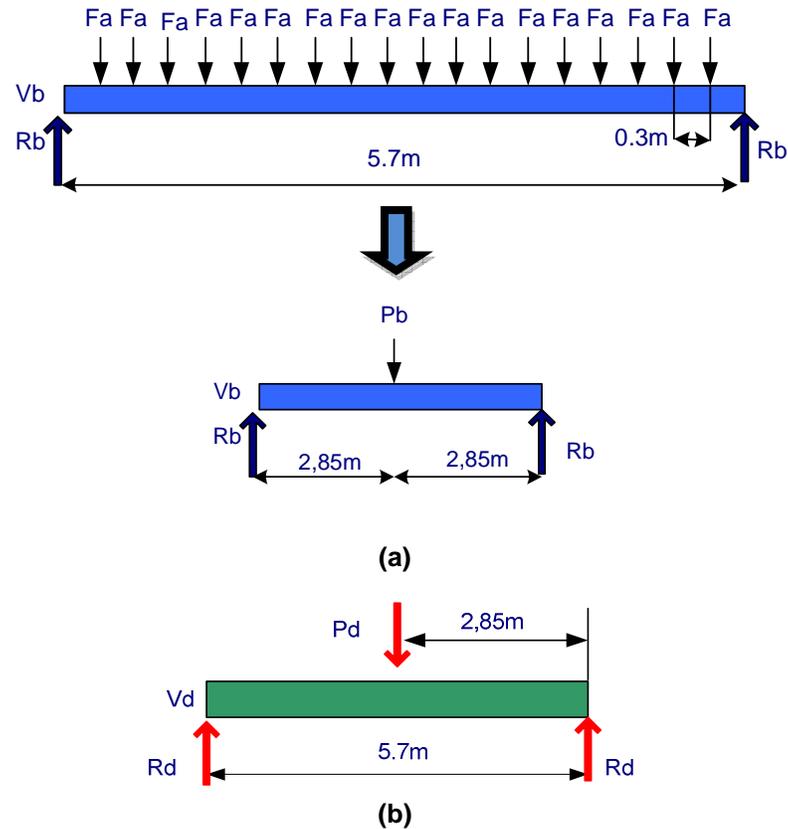


Figura IV.17. Diagrama para el estudio del desplazamiento vertical
(a) Diagrama de cuerpo libre de (Vb), (b) Diagrama de cuerpo libre de (Vd)

Por el método de superposición se calcula la deflexión de las vigas mediante la siguiente ecuación:

$$y(x) = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I} \quad \text{Ec.IV.10}$$

Siendo:

P : La carga aplicada sobre la cada viga.

$P_b = 2,13 \text{ KN}$ (Ver figura IV.15-a)

$P_d = 1,68 \text{ KN}$ (Ver figura IV.15-b)

L : Longitud de la viga. $L = L_b = L_d = 5,7 \text{ m}$

E : Módulo de elasticidad del material. $E = 69000 \text{ MPa}$ (Ver apéndice 5)



I : Momento de inercia de la viga.

$$I_b = 279,52 \text{ cm}^4 \text{ (Ver apéndice 3)}$$

$$I_d = 247,132 \text{ cm}^4 \text{ (Ver apéndice 2)}$$

Para la viga Vb mediante la ecuación IV.10 se tiene que:

$$y(b) = 0,042m$$

Sustituyendo en la ecuación 9 para la viga Vd se tiene que:

$$y(d) = 0,038m$$

Verificando así que $y_d \leq y_b \longrightarrow 0,038 \text{ m} \leq 0,042 \text{ m}$

De esta forma se comprueba que la estructura del techo de la extensión puede sostener a la estructura del piso.

V.3.1.3 Estudio de las columnas de la extensión

Se utiliza un perfil estructural cuadrado 80 x 80 mm (Ver apéndice 6); que son usados normalmente como columnas, por su excelente comportamiento a la torsión y a la compresión.

Se considera que la condición de extremo de la columna debe ser fija - libre (Ver figura IV.18), tomando un valor conservador, se puede decir que $L_{efe} = 2,4L$ (Ver apéndice 7), y se supone un factor de seguridad de $N = 3$ [Norton R. L., 1999].

Con la siguiente ecuación se verifica si la columna soporta la carga:

$$P_{permissible} \geq P_{columna} \quad \text{Ec.IV.11}$$

Donde:

$$P_{permissible} = \frac{P_{crítica}}{N} \quad \text{Ec.IV.12}$$

$P_{columna}$: Carga que va a soportar

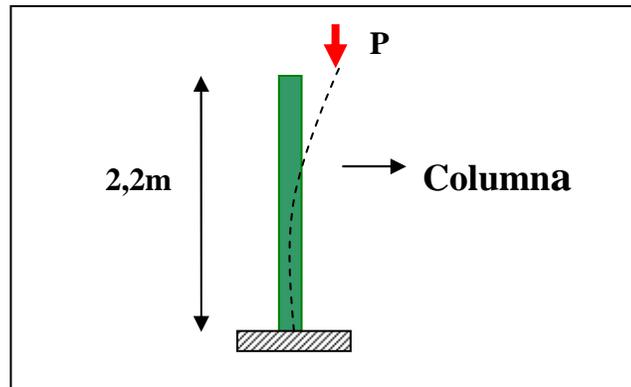


Figura IV.18. Condiciones de extremo de la columna

Para el cálculo de la $P_{crítica}$ se verifica la relación de esbeltez, de esta manera se conoce si se está en presencia de una columna larga o intermedia, según la ecuación:

$$S_r \geq S_{rd} \quad \text{Ec.IV.13}$$

Sabiendo que:

$$S_r = \frac{L_{efe}}{\sqrt{\frac{I}{A}}} \quad \text{Ec.IV.14}$$

$$S_{rd} = \pi \sqrt{\frac{2 \times E}{S_y}} \quad \text{Ec.IV.15}$$

Donde:

$$L_{efe} = 2,4L$$

$$I = 201,53 \text{ cm}^4 \text{ (Ver apéndice 6).}$$

$$A = 2304 \text{ mm}^2$$

Sustituyendo los valores en las ecuaciones IV.14 y IV.15 se tiene:

$$S_r = 178,53 \quad S_{rd} = 113,84$$

Como $S_r \geq S_{rd}$, esta columna queda hacia la derecha del punto de tangencia, lo cual indica que se encuentra en la región segura de Euler, por



lo tanto, se realiza el estudio mediante la ecuación IV.16. Se determina la carga crítica y se aplica el factor de seguridad con el fin de calcular la carga permisible.

P_critica = A * [(pi^2 * E) / (4 * Sr^2)] Ec.IV.16

P_critica = 12,3 KN Sustituyendo en la ecuación IV.12 se obtiene que:

Ppermisible = 4,1 KN

Para buscar la carga aplicada a la columna (Pcolumna), se verifica con el diagrama de cuerpo libre de todas las columnas y se estudia la más esforzada.

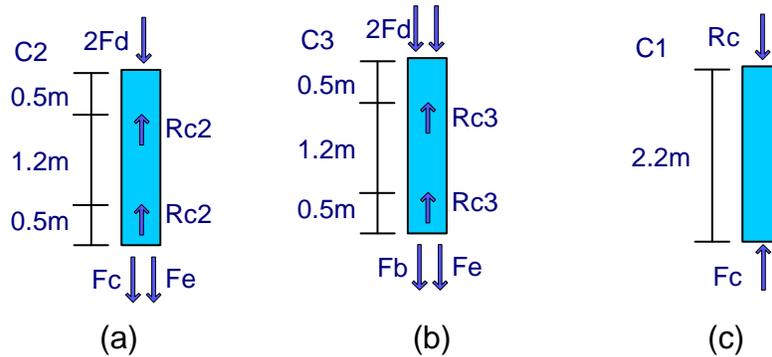


Figura IV.19. Diagrama de cuerpo libre de las columnas

Del diagrama de cuerpo (a) y (b) de la figura IV.19, se toman en cuenta las fuerzas de compresión para calcular las reacciones, dando como resultado:

2Fd = 3,37 KN , Rc2 = 3,37KN Rc3 = 3,37KN

Pcolumna = 3,37 KN

Ppermisible >= Pcolumna -> 4,3KN >= 3,37KN

Cuando la extensión está en voladizo la columna (C_1) experimenta un esfuerzo a tracción en un área de $5,7 \text{ m}^2$, producido por el peso de todas las personas que puedan estar en la misma, (establecido en IV.3.1.2). Este esfuerzo se calcula tomando en cuenta la carga que actúa sobre las cinco columnas de la extensión (Ver figura IV.20).

Sustituyendo en la ecuación IV.1 se tiene:

$$F_p = 28517 \text{ N}$$

$$F_{cl} = \frac{28517 \text{ N}}{5} = 5,7 \text{ KN}$$

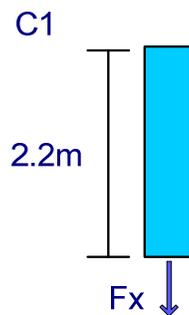


Figura IV.20. Diagrama de la columna C_1 a tracción

Con el esfuerzo de tracción se produce un alargamiento en la columna el cual se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\delta = \frac{F_{cl} \cdot L}{A \cdot E} \tag{Ec.IV.17}$$

Donde:

δ : Alargamiento de la columna (mm)

Fcl: 5,7 KN: Fuerza de cada columna (KN)

L: 2,2 m: longitud de la columna (m)



A: $1,5 \times 10^{-3}$ (m²) Área transversal de la columna, (ver apéndice 6)

E: 69×10^9 Pa, Módulo de elasticidad de la viga (Pa). (Ver apéndice 1)

Sustituyendo en la ecuación IV.17 se tiene que:

$$\delta = 0,12mm$$

Dado que el alargamiento de la columna es de 0,12 mm, y recordando que la columna es de 2,2 m, el aumento es de 0,005%, lo cual es mínimo tomando en consideración que el diseño de la extensión se realizó totalmente ocupada por personas.

IV.3.1.4 Análisis de la estructura lateral de la extensión

Para ésta sección se calculan las reacciones externas ejercidas sobre la extensión y las fuerzas internas presentes en sus elementos.

Los rodamientos en los cuales se apoya la extensión están ubicados en los nodos 4, 5, 7 y 8 de la figura IV.a-21. Por razones de diseño se estudia como condición crítica que la estructura esta soportada sólo por los rodamientos, ubicados en los nodos 4 y 5 (Ver figura IV.b-21).

En la figura IV.21 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la estructura lateral completa en el que se calculan las reacciones mediante las ecuaciones IV.2 y IV.3.

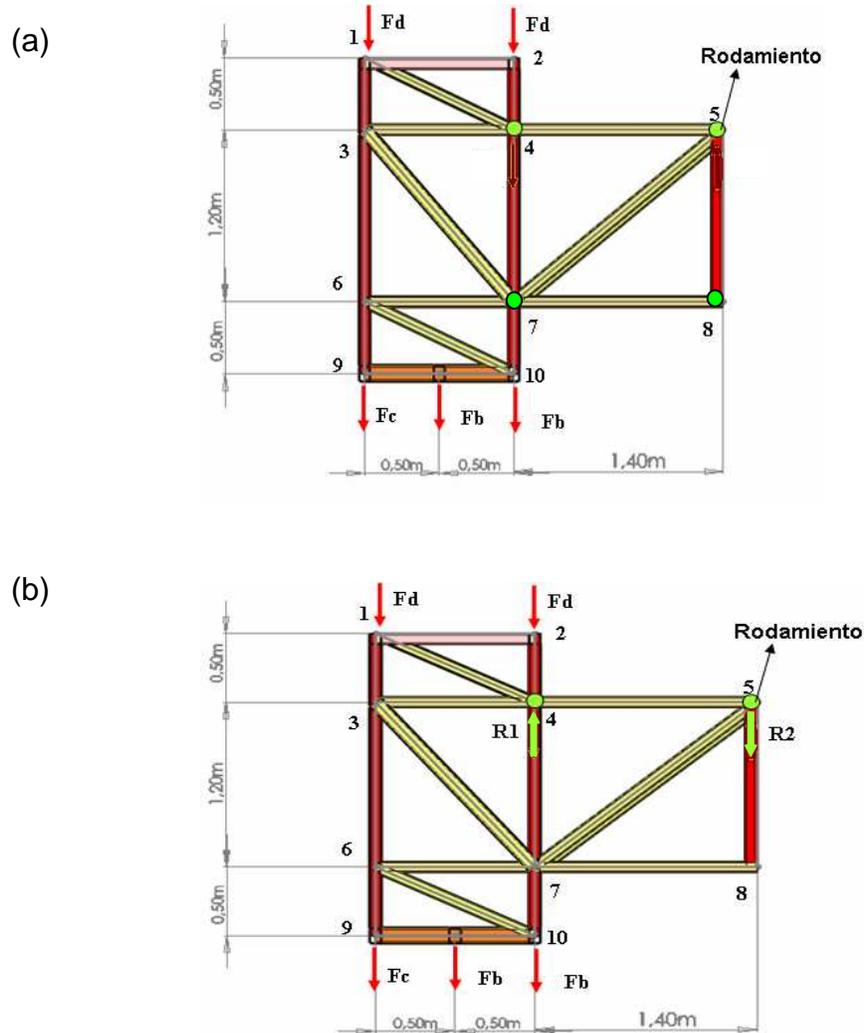


Figura IV.21. Diagrama de cuerpo libre Vista lateral de la extensión;
(a) Vista lateral con cuatro rodamientos, (b) Vista lateral con dos rodamientos

Aplicando la ecuación IV.2 $+\Sigma M4=0$

$$R2 = 1,59 \text{ KN } \downarrow$$

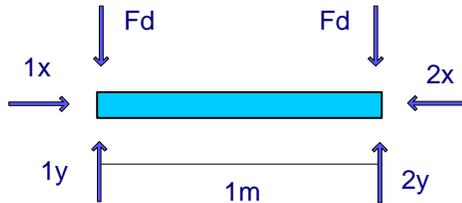
De la ecuación IV.3 se tiene que:

$$R1 = 6,06 \text{ KN } \uparrow$$

Ahora se desensambla la estructura y se dibuja el diagrama de cuerpo libre para cada uno de sus elementos (Ver figura IV.22).



a)



Cuerpo Libre: elemento 1-2

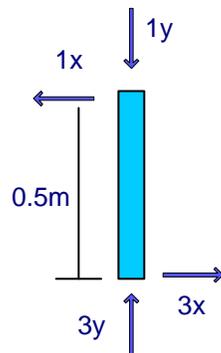
$$\Sigma M1=0 \quad 2y \times 1 - Fd \times 1 = 0$$

$$2y = 1,68 \text{ KN}$$

$$\Sigma M2=0 \quad Fd \times 1 - 1y \times 1 = 0 \quad 1y = 1,68 \text{ KN}$$

$$+ \rightarrow \Sigma Fx = 0 \quad 1x - 2x = 0 \quad 1x = 2x$$

b)



Cuerpo Libre: elemento 1-3

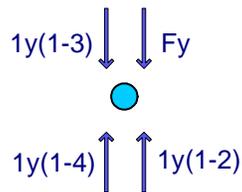
$$\Sigma M1=0 \quad 3x \times 0,5 = 0 \quad 3x = 0 \text{ KN}$$

$$\Sigma M3=0 \quad 1x \times 0,5 = 0 \quad 1x = 0 \text{ KN}$$

$$+ \uparrow \Sigma Fy = 0 \quad 3y - 1y = 0$$

$$3y = 1,68 \text{ KN}$$

c)



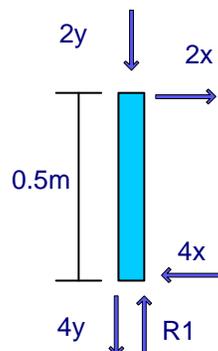
Cuerpo Libre: nodo 1

$$+ \uparrow \Sigma Fy = 0$$

$$1y(1-2) + 1y(1-4) - 1y(1-3) - Fy = 0$$

$$1y(1-4) = 1,68 \text{ KN}$$

d)



Cuerpo Libre: elemento 2-4

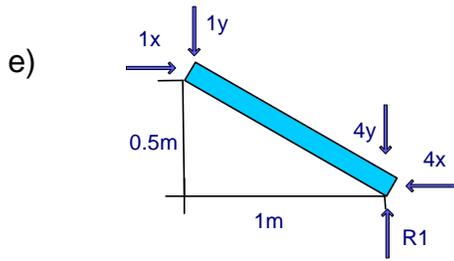
$$\Sigma M2=0 \quad -4x \times 0,5 = 0 \quad 4x = 0 \text{ KN}$$

$$\Sigma M4=0 \quad -2x \times 0,5 = 0 \quad 2x = 0 \text{ KN}$$

$$+ \uparrow \Sigma Fy = 0 \quad -4y + R1 - 2y = 0$$

$$4y = 4,38 \text{ KN}$$

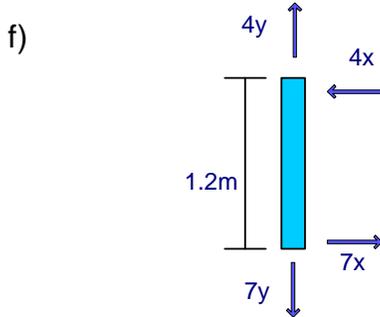
(a) Diagramas de cuerpo libre de cada elemento de la estructura lateral de la extensión



Cuerpo Libre: elemento 1-4

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0 \quad -1y - 4y + R1 = 0 \quad 0=0$$

$$+ \rightarrow \Sigma F_x = 0 \quad 1x - 4x = 0 \quad 0=0$$

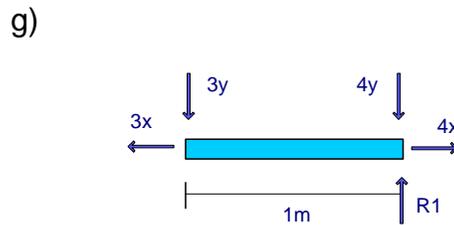


Cuerpo Libre: elemento 4-7

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0 \quad 4y - 7y = 0$$

$$7y = 4,38 \text{ KN}$$

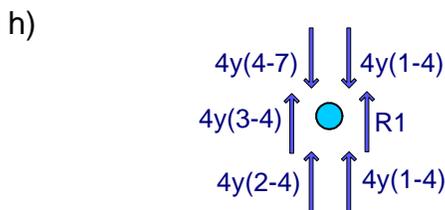
$$+ \rightarrow \Sigma F_x = 0 \quad -4x + 7x = 0 \quad 7x = 0 \text{ KN}$$



Cuerpo Libre: elemento 3-4

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0 \quad -3y - 4y + R1 = 0 \quad 0=0$$

$$+ \rightarrow \Sigma F_x = 0 \quad -3x + 4x = 0 \quad 0=0$$

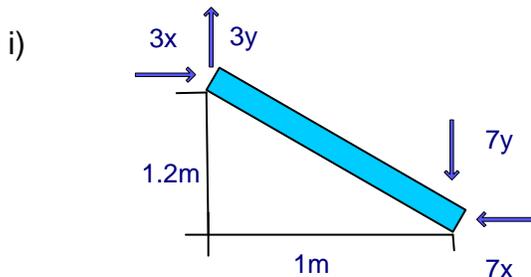


Cuerpo Libre: nodo 4

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$4y(1-4) + 4y(2-4) + 4y(4-3) + R1 - 4y(4-7) - 4y(4-5) = 0$$

$$4y(4-5) = 14,82 \text{ KN}$$



Cuerpo Libre: elemento 3-7

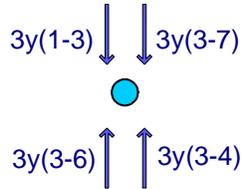
$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0 \quad 3y - 7y = 0 \quad 7y = 1,68 \text{ KN}$$

$$+ \rightarrow \Sigma F_x = 0 \quad 3x - 7x = 0 \quad 7x = 0 \text{ KN}$$

(b) Diagramas de cuerpo libre de cada elemento de la estructura lateral de la extensión



j)



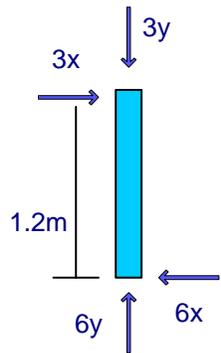
Cuerpo Libre: nodo 3

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$3y(3-4) + 3y(3-6) - 3y(3-7) - 3y(1-3) = 0$$

$$3y(3-6) = 1,68 \text{ KN}$$

k)



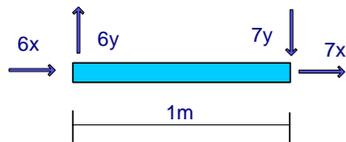
Cuerpo Libre: elemento 3-6

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0 \quad 6y - 3y = 0$$

$$6y = 1,68 \text{ KN}$$

$$+ \rightarrow \Sigma F_x = 0 \quad 3x - 6x = 0 \quad 6x = 0 \text{ KN}$$

m)

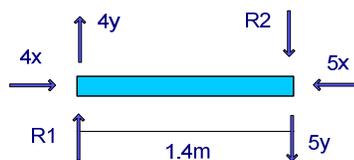


Cuerpo Libre: elemento 6-7

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0 \quad 6y - 7y = 0 \quad 7y = 1,68 \text{ KN}$$

$$+ \rightarrow \Sigma F_x = 0 \quad -6x + 7x = 0 \quad 7x = 0 \text{ KN}$$

n)



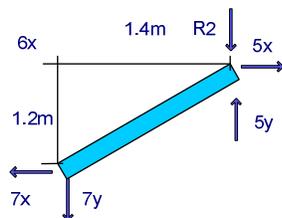
Cuerpo Libre: elemento 4-5

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0 \quad 4y + R1 - 5y - R2 = 0$$

$$5y = 19,32 \text{ KN}$$

$$+ \rightarrow \Sigma F_x = 0 \quad 4x - 5x = 0 \quad 5x = 0 \text{ KN}$$

Ñ)



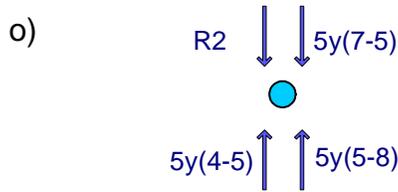
Cuerpo Libre: elemento 7-5

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0 \quad -R2 + 5y - 7y = 0$$

$$7y = 17,73 \text{ KN}$$

$$+ \rightarrow \Sigma F_x = 0 \quad -7x + 5x = 0 \quad 7x = 0 \text{ KN}$$

(c) Diagramas de cuerpo libre de cada elemento de la estructura lateral de la extensión

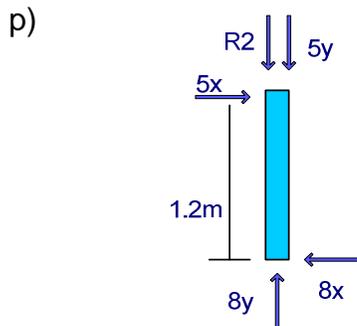


Cuerpo Libre: nodo 5

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$5y(5-8) + 5y(4-5) - R2 - 5y(7-5) = 0$$

$$5y(5-8) = 1,59 \text{ KN}$$

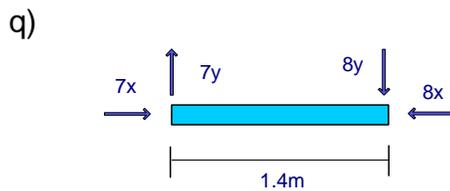


Cuerpo Libre: elemento 5-8

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0 \quad -R2 - 5y + 8y = 0$$

$$8y = 3,18 \text{ KN}$$

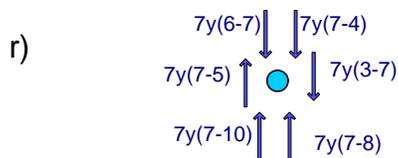
$$+ \rightarrow \Sigma F_x = 0 \quad -8x + 5x = 0 \quad 8x = 0 \text{ KN}$$



Cuerpo Libre: elemento 7-8

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0 \quad 7y - 8y = 0 \quad 7y = 3,18 \text{ KN}$$

$$+ \rightarrow \Sigma F_x = 0 \quad -8x + 7x = 0 \quad 7x = 0 \text{ KN}$$



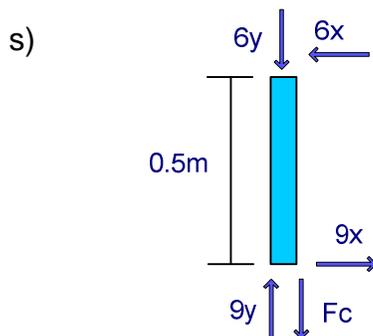
Cuerpo Libre: Nodo 7

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$7y(7-5) - 7y(7-8) + 7y(4-7) +$$

$$7y(3-7) + 7y(6-7) - 7y(7-10) = 0$$

$$7y(7-10) = 22,29 \text{ KN}$$



Cuerpo Libre: elemento 6-9

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0 \quad 9y - 6y - Fc = 0$$

$$9y = 2,05 \text{ KN}$$

$$+ \rightarrow \Sigma F_x = 0 \quad -6x + 9x = 0 \quad 9x = 0 \text{ KN}$$

(d) Diagramas de cuerpo libre de cada elemento de la estructura lateral de la extensión

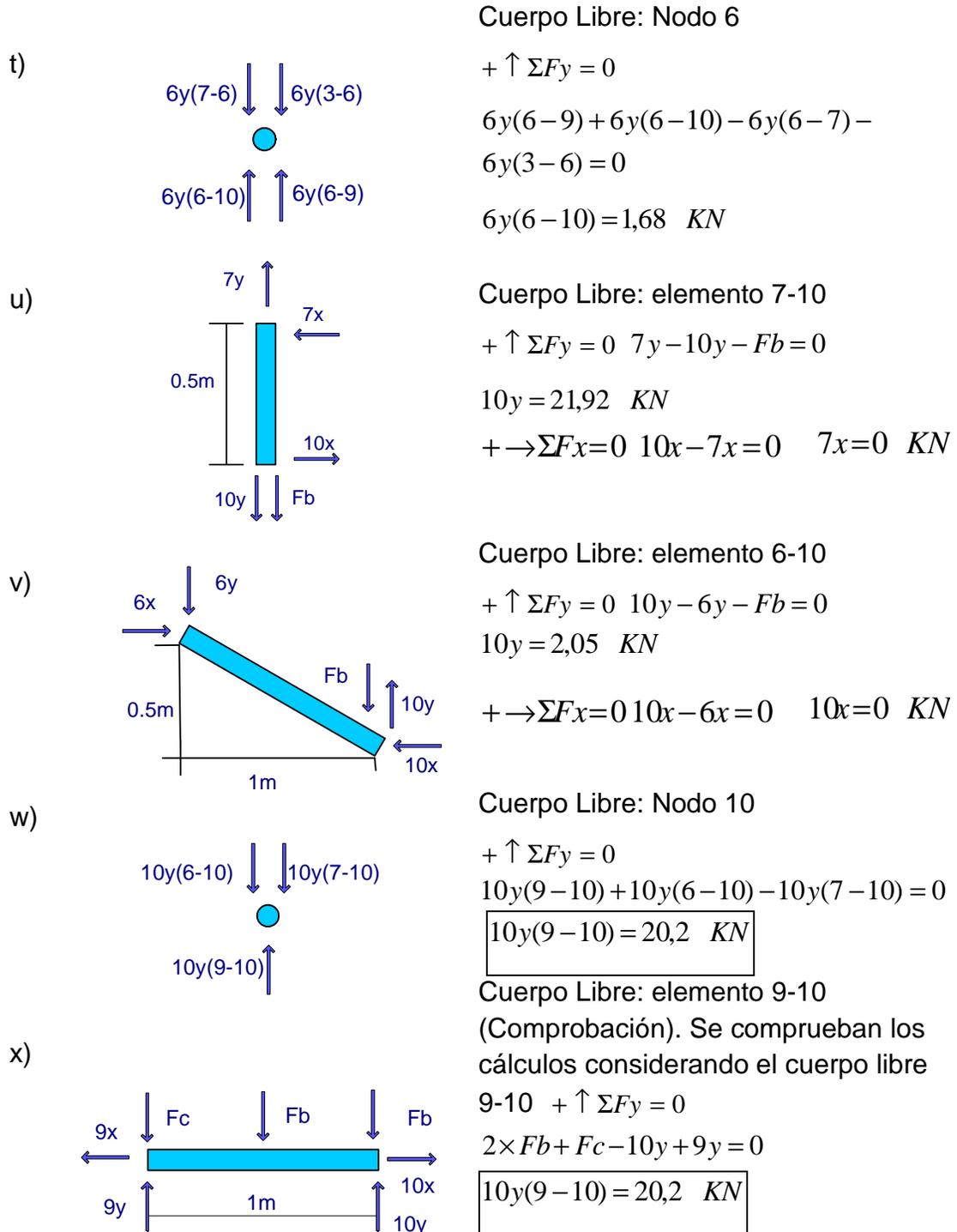


Figura IV.22. Diagramas de cuerpo libre de cada elemento de la estructura lateral de la extensión

Como se determinan todas las incógnitas y se cumplen todas las ecuaciones bajo condiciones de carga, la estructura es estáticamente determinada y rígida.

IV.3.1.5 Análisis de las uniones en la extensión

Las uniones entre las vigas y las columnas se realizan mediante cordones de soldadura de filete, tomando en cuenta la fuerza de corte y de flexión que ocurre en la pieza, (ver figura IV.23). El cordón de soldadura se estudia como una línea recta cuya longitud es el perímetro de la unión entre los tubos. Para diseñar la soldadura, se utiliza un electrodo de tipo AWS-E-4043 con un $S_u = 160 \text{ MPa}$ (Ver apéndice 13). [Norton R. L., (1999)].

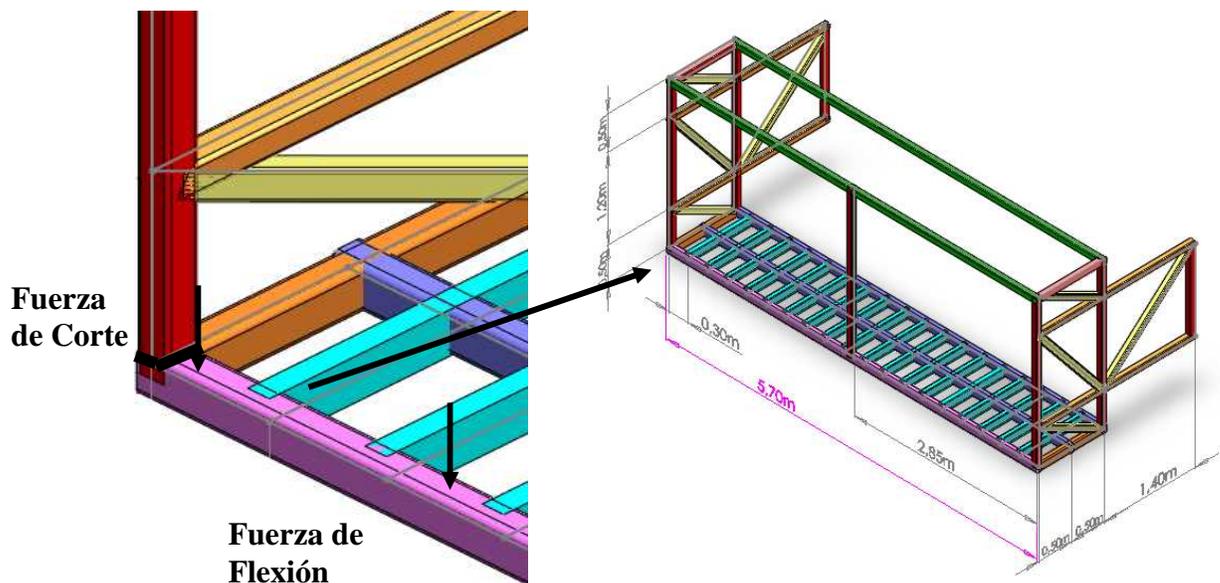


Figura IV.23. Análisis de las uniones soldadas

Para realizar el cálculo del cordón de soldadura se utiliza la siguiente ecuación:

$$w = \frac{Fr}{\tau_{adm}} \quad \text{Ec.IV.18}$$



Donde:

w : Dimensión del cateto de la soldadura.

Fr : Fuerza resultante que actúa sobre el cordón de soldadura. (N/m)

τ_{adm} : Esfuerzo admisible de corte. (N/m^2)

Para obtener el esfuerzo admisible de corte se toma en consideración el esfuerzo de resistencia a la tracción del electrodo ($\sigma = 160 MPa$).

El esfuerzo admisible de corte es igual a:

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma}{N} \quad \text{Ec.IV.19}$$

Donde:

N : Factor de seguridad de la soldadura. $N = 1$. Recordando del factor de seguridad asumido al principio de los cálculos, donde la extensión está completamente ocupada por personas.

Por lo que al introducir los valores correspondientes en la ecuación IV.19 se tiene que:

$$\tau_{adm} = 160 MPa$$

Ahora para obtener el valor de la fuerza resultante aplicada en la soldadura [Norton R. L., (1999)] se utiliza la siguiente ecuación:

$$Fr = \sqrt{(F_{corte})^2 + (F_{flexion})^2} \quad \text{Ec.IV.20}$$

Donde:

F_{corte} : Fuerza de corte en N/m

$F_{flexion}$: Fuerza a la flexión en N/m

La fuerza de corte viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{corte} = \frac{V}{Aw} \left(\frac{N}{m} \right) \quad \text{Ec.IV.21}$$



Donde:

V: Fuerza cortante que actúa sobre el cordón. Suponiendo que toda la estructura de la extensión está ocupada por personas y con las condiciones que se tomaron en el IV.3.1.2, se realiza el análisis entre la viga Vb y la columna. $V = 28,5 \text{ KN}$ (Ver Tabla IV.4).

A_w : Longitud del cordón de soldadura con un cordón tipo cuadrado.

$$A_w = 0,707(2 \times b + 2 \times d) \quad \text{Ec.IV.22}$$

Donde:

b : Ancho del perfil. $b = 0,080 \text{ m}$

d : Altura del perfil. $d = 0,080 \text{ m}$

Sustituyendo la ecuación IV.22 se obtiene:

$$A_w = 0,23 \text{ m}$$

Sustituyendo en la ecuación IV.21 se tiene:

$$F_{\text{corte}} = 123,9 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

La fuerza de flexión se calcula mediante la ecuación IV.23:

$$F_{\text{flexion}} = \frac{M}{S_w} \left(\frac{N}{m} \right) \quad \text{Ec.IV.23}$$

M : Momento que actúa sobre la soldadura producto de la carga que se ejerce sobre cada columna desde el punto medio de la extensión. (Ver apartado IV.3.1.3) ($N \times m$).

Donde:

$F_{cl} = 5,7 \text{ KN}$, Fuerza ejercida sobre cada columna

$L = 2,85 \text{ m}$, Longitud de la fuerza

Entonces:



$$M = 16,2 \text{ KN} \times m .$$

S_w : Flexión sobre el eje horizontal

$$S_w = b \times d + \frac{d^2}{3} \quad \text{Ec.IV.24}$$

Sustituyendo en la ecuación IV.24 se obtiene:

$$S_w = 0,0085 \text{ m}^2$$

Sustituyendo en la ecuación IV.23 se obtiene la fuerza de flexión:

$$F_{\text{Flexion}} = 1905,8 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

Calculo de fuerza resultante:

$$Fr = 1908,9 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

Sustituyendo en la ecuación IV.18 se puede obtener el cordón tamaño del cateto de la soldadura.

$$W = 11\text{mm}$$

El cordón de soldadura asegura la unión entre los tubos estructurales. Se suelda en varias pasadas y se debe enfriar entre pasada y pasada, además se realiza la soldadura con baja intensidad de calor para no perforar el tubo. [Urbano O., 2009].

IV.3.1.6 Cálculo del peso de la extensión

Seleccionados todos los materiales con que se va a construir la extensión, en las siguientes tablas se calcula el peso por metro cuadrado del material requerido para las paredes (PRFV) y el peso de los tubos estructurales. Ésta se utilizada posteriormente para los cálculos de la estructura fija.



Tabla IV.2. Datos y resultados de la masa de paredes de la extensión

Material	Área (m ²)	Espesor (m)	Volumen (m ³)	Densidad (Kg/m ³)	Masa (Kg/m ²)	Metros (m ²)	Masa (Kg)
Fibra de Vidrio (m1)	1	0,003	0,003	1300	3,9	23,1	90,09
Poliuretano (m2)	1	0,003	0,05	35	1,75	23,1	40,425
						Total	130,515

Fuente: www.tecnoempol.com

Tabla IV.3. Datos y resultados de la masa de las vigas de la extensión

Vigas	Masa C/U (Kg/m)	Metros (m)	Masa (Kg)
Rectangular 80x40	1,937	18	34,866
Doble U 80x60/50	3,025	5,7	17,2425
En U 120x60	5,71	11,4	65,094
Rectangular 100x50	3,965	11,4	45,201
Rectangular 120x60	4,815	20,976	100,99944
Columna 80 x 80	4,269	13,4	57,2046
		Total (Kg)	320,60754

Fuente: Alu-stock C.A.

Para calcular el peso de toda la extensión, también se toma en consideración las personas que puedan estar dentro de ella. Con las condiciones del apartado IV.3.1.2 y la ecuación IV.1, en un área de 5,7 m² se obtiene el peso promedio de las personas en la extensión.

$$Fp = 2907 \text{ Kg}$$

$$P_{extension} = Mt(Kg) \times g(m/s^2) \tag{Ec.IV.25}$$

Donde:

Mt :Masa total de la extensión, *Mt* = 3358 Kg

Sustituyendo la ecuación IV.25 se tiene:

$$P_{extension} = 32,9 \text{ KN}$$

IV.3.1.7 Mecanismo de la extensión

En la parte central del techo de la extensión está ubicado un sistema formado por una cremallera, un moto-reductor y un sistema de control Master



V, y en el lateral de la estructura unos rieles con rodamientos, que me permiten el desplazamiento de la extensión de la unidad móvil.

IV.3.1.7.1 Cálculo de los rodamientos

El peso de la extensión se tomó como parte de la fuerza que se ejerce sobre la parte fija de la estructura. Los esfuerzos se van a calcular por medio de la teoría de carga cortante en pernos a cargas excéntricas en voladizo; como se puede observar en la figura IV.24. La extensión se trata como un cuerpo rígido rectangular, fijado a la parte fija de la Unidad Móvil mediante cuatro pernos en voladizo.

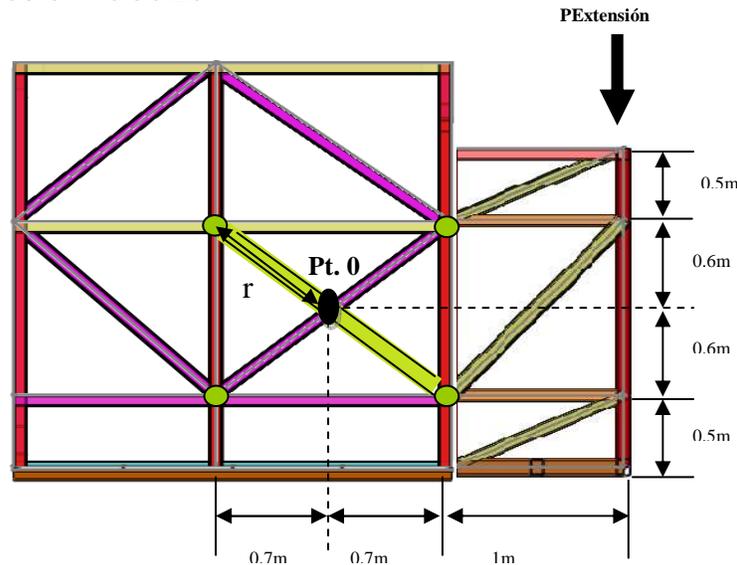


Figura IV.24. Vista lateral de la Unidad Móvil Rx

El punto 0, centroide del grupo de rodamientos de la figura IV.25, se localiza por simetría. De acuerdo al diagrama de cuerpo libre de la viga, la reacción cortante (V) pasa por el punto 0, y la reacción de momento (M) se toma con respecto al punto 0. Las reacciones son:

$$V = P_{\text{extensión}} \text{ (N)} \quad V = 32,9 \text{ KN}$$

$$M = P_{\text{extensión}} \times (1,7) \text{ (Nxm)} \quad M = 56,6 \text{ KNxm}$$



Donde la reacción cortante (V) está representado por el peso de la extensión sobre la estructura fija (ver en IV.3.1.6), y la reacción del momento (M), es el mismo peso por la distancia desde el punto 0 hasta el punto donde se aplica la fuerza.

En la figura IV.24, se muestra la distancia entre centroide y el centro de cada perno (r), el cual es:

$$r = \sqrt{(0,6)^2 + (0,7)^2} \quad r = 0,92m$$

La carga primaria por perno es:

$$F^{\wedge} = \frac{V}{n} \quad \text{Ec.IV.26}$$

Donde n es el número de rodamientos, n=8. $F^{\wedge} = 4,2KN$

Las fuerzas cortantes secundarias son:

$$F^{\wedge\wedge} = \frac{M}{n \times r} \quad F^{\wedge\wedge} = 7,7KN \quad \text{Ec.IV.27}$$

Las fuerzas cortantes primarias y secundarias se representan en la figura IV.25, mientras que las resultantes se obtienen por regla del paralelogramo.

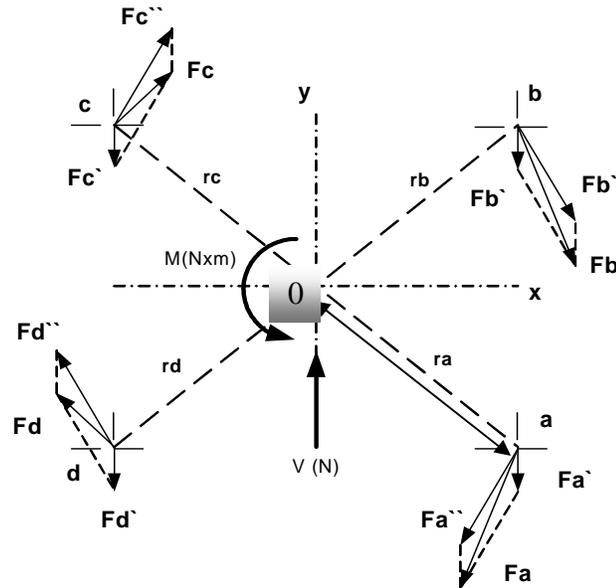


Figura IV.25. Comportamiento de las fuerzas de los rodamientos

$$F_c = F_d = 5,25 \text{ KN} \quad F_{cy} = F_{dy} = 1,6 \text{ KN}$$

$$F_b = F_a = 11,1 \text{ KN} \quad F_{by} = F_{ay} = 9,9 \text{ KN}$$

Para seleccionar el rodamiento se eligen los puntos a y b, los cuales son los más esforzados. Se duplica la carga en estos puntos, para tener un factor de seguridad igual a dos. Tomando en cuenta que la carga que soportan los rodamientos esta aplicada en la dirección radial, se utilizan rodamientos rígidos con una hilera de bolas, los cuales, soportan cargas radiales.

Una vez obtenida la fuerza que deba soportar cada rodamiento y con el espacio requerido para colocar el mismo el cual debe menor o igual a 0,15 m, se selecciona el rodamiento requerido para la aplicación haciendo uso del catálogo de rodamientos FAG.

El rodamiento a utilizar es: 6209 (Ver figura IV.26), este es un rodamiento con una capacidad de carga dinámica de 32,5KN, capacidad de



carga estática de 20,4KN y un ancho de 19 mm (Ver apéndice 15) [Programa standard FAG, catalogo WL 41 510/2 SA, 1998]

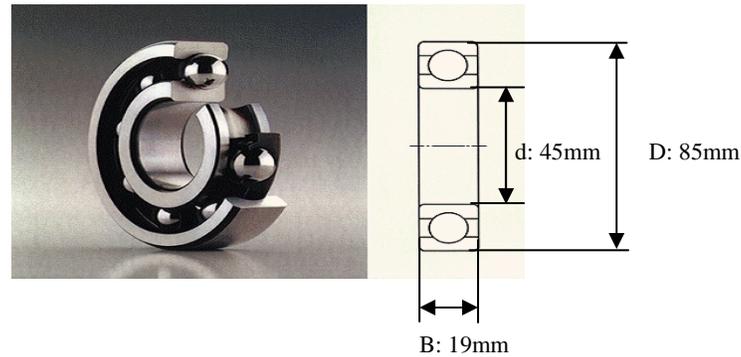


Figura IV.26. Rodamiento

IV.3.1.7.2 Selección del motor

Para la selección del motor, se requiere conocer el peso de la extensión desocupada, calculado en el apartado IV.3.1.6, ya que el motor va a desplazar la extensión cuando la unidad móvil se encuentre en estas condiciones.

Por lo tanto $P = 451,1 \text{ Kg}$

El motor EURUS 800 (ver figura IV.27) se seleccionó para hasta 800Kg, es tipo cremallera, 1/2 HP, alimentación 220V, contiene el piñón. Incluye tarjeta Master con receptor y 3 transmisores.

El motor eléctrico está equipado con frenos electrónicos, embrague electrónico, fin de carrera magnético y desbloqueo manual en caso de corte de energía, han sido desarrollados con el fin de obtener una mayor durabilidad. Las piezas que lo componen son de acero SAE 8620 de alta calidad, con un tratamiento térmico que impide desgaste prematuro aún en las más severas condiciones de uso. Está montado sobre rodamientos y bujes, asegurando un funcionamiento silencioso en la apertura y cierre.



La cremallera 800, está diseñada para acoplarse a los motores Eurus 800, y además tienen 1,58 m de largo, lo cual satisface el metro de longitud que se desea expandir.

Además, el motor puede ser accionado por medio de un control previamente configurado como se muestra en la figura IV.27.



Figura IV.27. Motor y cremallera

IV.3.2 Estructura fija de la Unidad Móvil de RX

IV.3.2.1 Diseño de la estructura fija

La estructura fija se diseña con acero debido a sus propiedades técnicas, como es la resistencia de carga por condiciones de límite de elasticidad, por la facilidad de unión por medio de la soldadura entre los metales. El acero dulce tiene más resistencia en el sentido longitudinal de sus fibras (resistente a la tracción), y resistente a la compresión, ya que cuando se aplica el esfuerzo aproxima entre sí a las partículas que integran el cuerpo [Singer F. L. (1994)].

La estructura fija de la unidad tiene de altura 2,8 m, de largo 6 m y de ancho 2,6 m (Ver figura IV.28), estas medidas son estándares en vehículos de carga.

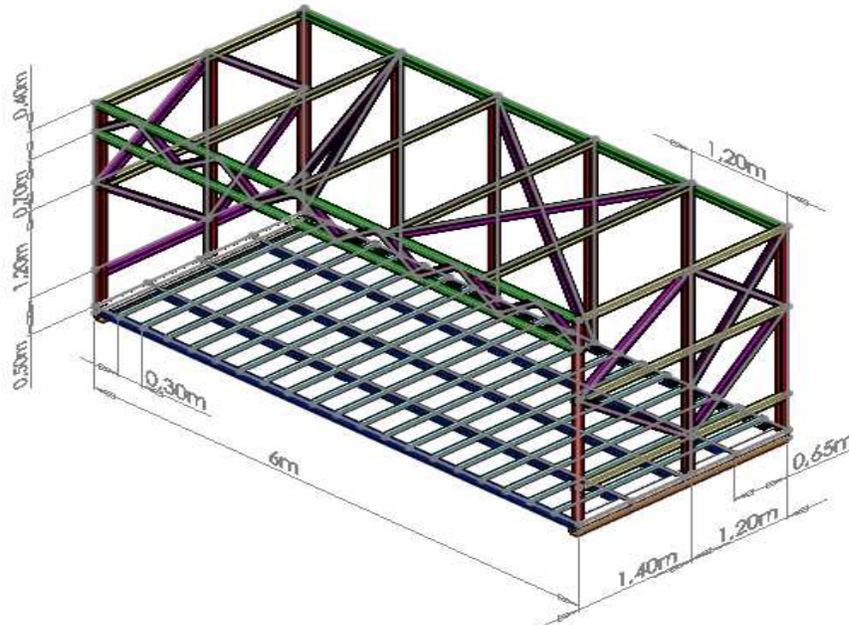


Figura IV.28. Medidas de la estructura fija de la unidad móvil

Para el diseño de la estructura fija se tienen las siguientes hipótesis:

- Las vigas son largas y están simplemente apoyadas, esta consideración permite que no exista torsión en las mismas.
- Se desprecian los pesos de los miembros (vigas y/o columnas).
- Todas las uniones se comportan como articulaciones ideales.
- Todas las cargas externas se aplican directamente en las articulaciones.
- Se toma en cuenta solo el peso de todos los equipos, materiales que están dentro de la unidad, considerando un factor de seguridad.

En la siguiente figura se observa la nomenclatura de los elementos de la estructura de la extensión.

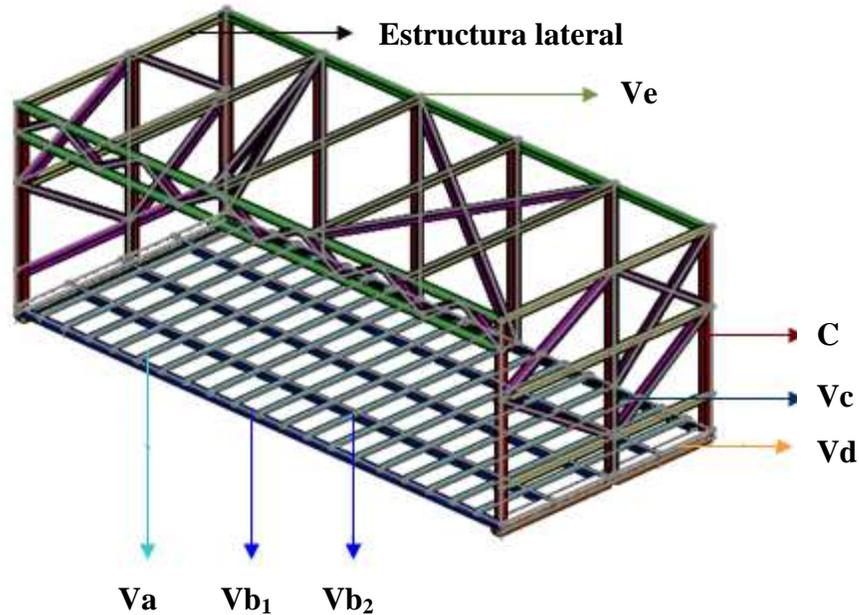


Figura IV.29. Estructura fija de la unidad móvil radiológica

IV.3.2.2 Estructura del piso fijo

La figura IV.30 indica la disposición del entramado del piso. La plataforma está soportada por viguetas. Suponiendo que trabajan como vigas simplemente apoyadas. Las viguetas a su vez están apoyadas en vigas de mayor tamaño, llamadas traveses o vigas maestras, que se apoyan en los soportes, al igual que la plataforma de la extensión.

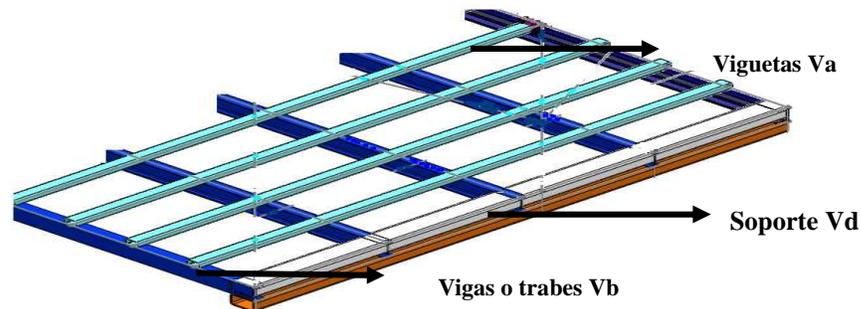


Figura IV.30. Estructura o entramado del piso de la parte fija



La viga Va, está simplemente apoyada en sus extremos sobre la viga Vb₁, Vb₂ y la viga Vc, que a su vez se apoya en las vigas Vd como se muestra en la figura IV.29. Para el cálculo de esta viga se toma en cuenta, el peso de todos los equipos y materiales que van a estar dentro de la Unidad Móvil radiológica.

Se calcula el peso de los equipos y materiales para obtener el esfuerzo que va a sostener esta viga Va, como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla IV.4. Datos y resultados de la masa de paredes de la estructura fija

Material	Área (m ²)	Espesor (m)	Volumen (m ³)	Densidad (Kg/m ³)	Masa (Kg/m ²)	Metros (m ²)	Masa (Kg)
Fibra de Vidrio (m1)	1	0,003	0,003	1300	3,9	62,5	243,75
Poliuretano (m2)	1	0,003	0,05	35	1,75	62,5	109,37
Plomo (m3)	1	0,003	0,003	11400	34,2	33,6	1149,12
Total							1502,24

Fuente: www.tecnoempol.com, Venexray C.A.

Tabla IV.5. Datos de la masa de los equipo de la unidad móvil

Equipos	Masa (Kg)
RX	577
Baño	150
Oficina	200
Aire acondicionado	63
Motor	10
Total (Kg)	1000

Fuente: Línea clínica C.A., Conti C.A., Sovica, C.A.

$$P = Mt(Kg) \times g(m / s^2) \tag{Ec.IV.28}$$

Donde:

$$Mt = 2502,24 \text{ Kg} \quad P = 24,54 \text{ KN}$$

Utilizando un factor de seguridad N=2,4 y sustituyendo en la ecuación IV.28, el peso es:

$$P = 58,8KN$$

La distancia de separación entre cada viga V_a es de 0,3 m y que la longitud de la misma es de 0,65 m, entonces se tiene un área de $0,195 \text{ m}^2$ (Ver figura IV.31). Al igual que en el apartado IV.3.1.2 y la ecuación IV.1, se calcula la carga promedio F_p a la que está sometida cada viga V_a , tomando en cuenta el peso de los equipos y materiales. $F_p = 11,5 \text{ KN}$

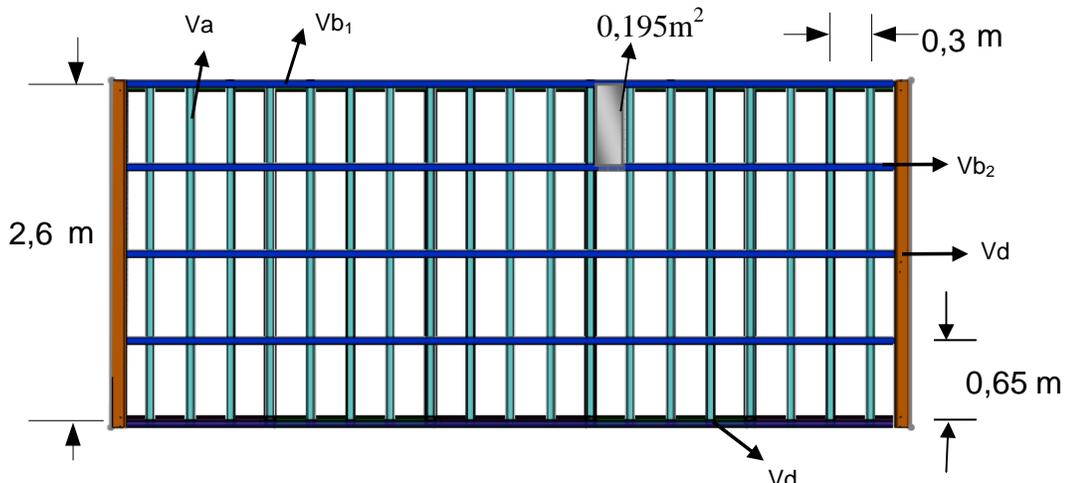


Figura IV.31. Vista de planta del piso y cargas de la parte fija

Este esfuerzo se va a comportar en V_a como una carga uniforme, por lo tanto, para obtener la fuerza resultante F_{pr} se multiplica la fuerza F_p por la longitud de la viga la cual es de 0,65 m. La fuerza F_{pr} está ubicada en el punto medio de la viga (ver figura IV.32).

$$F_{pr} = 7,5 \text{ KN}$$

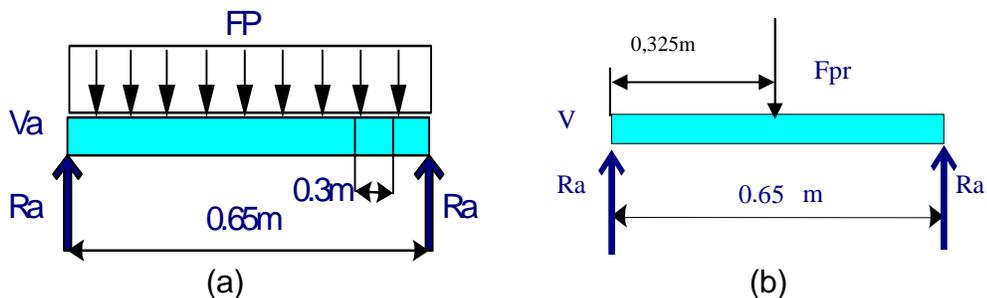


Figura IV.32. Diagrama de cuerpo libre de la viga (V_a)

a) Diagrama de V_a con carga uniforme, b) Diagrama de V_a con la carga resultante



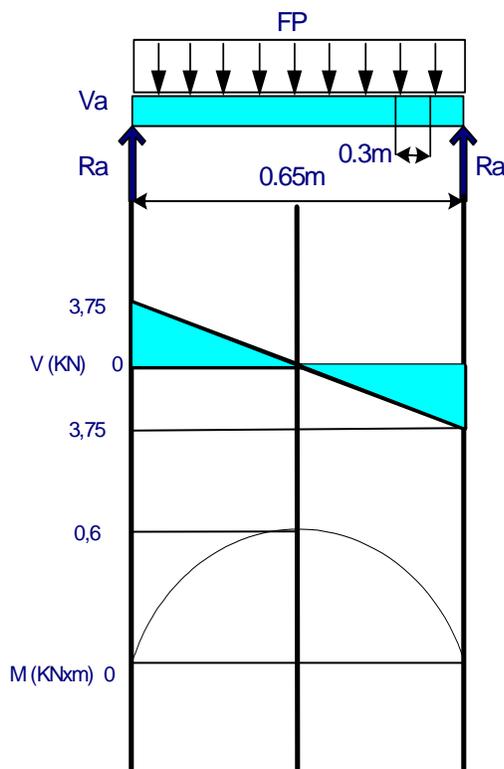
Para el cálculo de las reacciones se realiza el mismo procedimiento del apartado IV.3.1.2. Para la cual se obtienen los siguientes resultados:



$$+\Sigma M_0 = 0 \quad Ra_2 = 3,75 \text{ KN}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0 \quad Ra_0 = 3,75 \text{ KN}$$

Para determinar las fuerzas de corte (V) y el momento flexionante (M), se realizan los diagramas correspondientes y se sustituye en las ecuaciones IV.4 y IV.5.



Corte:

$$V = (\sum Y)_{Iqz} \quad V_0 = Ra_1$$

$$V_0 = 3,75 \text{ KN}$$

$$V_1 = V_0 - F_p X$$

$$V_1 = 0 \text{ KN}$$

$$V_2 = V_1 - (11,5 \times 0,325) + Ra_2$$

$$V_2 = 0 \text{ KN}$$

Momento:

$$M = (\sum M)_{Iqz} \quad M_0 = 0$$

$$M_1 = M \text{ max} = Ra_1 \frac{X}{2}$$

$$M_1 = 0,6 \text{ KN} \times m$$

$$M_2 = M_1 - \left(\frac{V_2 X}{2} \right)$$

$$M_2 = 0 \text{ KN} \times m$$

Figura IV.33. Diagrama de corte y momento de la viga Va

Para seleccionar las vigas se toma en cuenta el momento de resistencia, como se realiza en el apartado IV.3.1.2,



Donde:

$S_y = 355 \text{ MPa}$: Esfuerzo de fluencia del material de la viga (MPa). Ver apéndice 8.

Sustituyendo la ecuación IV.6 y IV.7 se tiene que:

$$S_x = 3,3 \text{ cm}^3$$

Una vez obtenido el momento de resistencia (S_x) se compara con el momento de resistencia de la viga (S_{xviga}), el cual se toma del catálogo del fabricante de tubos estructurales de acero.

Para la viga Va se selecciona un tubo estructural rectangular de $100 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ con un $S_{xviga} = 20,9 \text{ cm}^3$ (Ver apéndice 9) dando como resultado un factor de seguridad de:

$$N = 6,3$$

Con el valor de seguridad obtenido se demuestra que la viga Va es capaz de soportar la carga aplicada.

El estudio de la deflexión de las vigas se realiza utilizando el método de superposición como en el apartado IV.3.1.2, y la ecuación IV.9

Donde:

ϕ : Angulo de deflexión (°)

F_{pr} : Carga Aplicada en la viga Va (N). $F_{pr} = 7500 \text{ N}$

L : Longitud de la viga (m), $L = 0,65 \text{ m}$

E : Modulo de elasticidad de la viga (Pa). $E = 200 \times 10^9 \text{ Pa}$

I : Inercia de la viga (m^4). $I = 152,77 \times 10^{-6} \text{ m}^4$ Ver apéndice 9

Sustituyendo en la ecuación IV.9 se obtiene:

$$\phi = 6,48 \times 10^{-4} \text{ rad} \quad \phi = 0,03^\circ \leq 2^\circ$$



El ángulo resultante está dentro del rango establecido, lo que indica que la viga no falla.

A continuación se muestran los diagramas de cada viga:

La viga Vb está simplemente apoyada en la viga Vd, y está cargada con 19 fuerzas separadas a 0,3 m entre ellas. Estas fuerzas representan las fuerzas que ejercen las vigas Va sobre la viga Vb

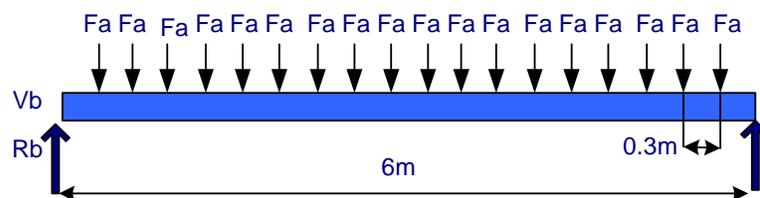


Figura IV.34. Diagrama de cuerpo libre de la Viga (Vb)

La viga Vc tiene una longitud de 1,2 m y está simplemente apoyada sobre la viga Vd.

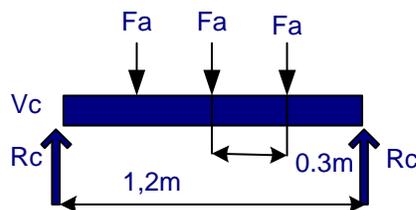


Figura IV.35. Diagrama de cuerpo libre de la viga (Vc)

La viga Vd tiene una longitud de 1,4 m y está cargada ya que es apoyo de la viga Vb.

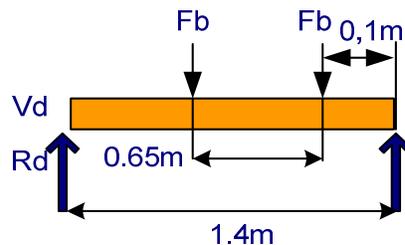


Figura IV.36. Diagrama de cuerpo libre de la viga (Vd)



Para la estructura lateral se estudia la viga que tenga los esfuerzos que ejercen los rodamientos calculados en el apartado IV.3.1.7.1, el diagrama de cuerpo libre queda de la siguiente forma:

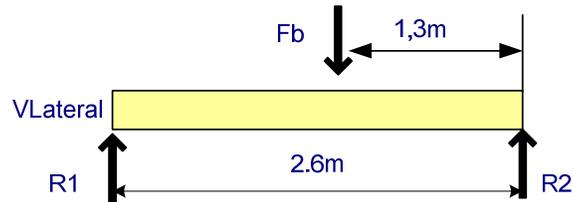


Figura IV.37. Diagrama de cuerpo libre de la viga V lateral

El siguiente diagrama simboliza todos los cuerpos libres descritos anteriormente para representar los resultados de cada uno.

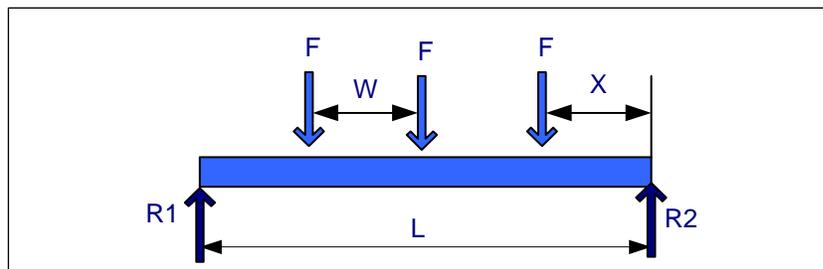


Figura IV.38. Diagrama general de las vigas de acero

En la siguiente tabla se encuentran los datos y resultados de cada una de las vigas estudiadas:



Tabla IV.6. Datos y resultados de las vigas de acero

Vigas	L (m)	Nº de F	Distancia entre F (W) (m)	Distancia entre F y R1 (X) (m)	Valor F(KN)	R1 (KN)	R2 (KN)	Mmax (KNxm)	Sx (Cm3)	Viga (mm)	Sx (Cm3) Viga	N	Ø (°)
Va	0,65	1	0	0,325	7,5	3,7	3,7	0,6	3,3	Rectangular 100x50	20,9	6,3	0,03
Vb1	6	19	0,3	0,3	3,7	35,4	35,4	10,6	60	En U 140x65	85,6	1,4	1,5
Vb2	6	19	0,3	0,3	3,7	35,4	35,4	10,6	60	Doble U 140x66	81,8	1,4	1,6
Vc	1,2	3	0,3	0,3	0,37	5,6	5,6	1,7	9,45	En U 140x65	85,6	9	$1,27 \times 10^{-3}$
Vd	1,4	2	0,65	0,1	35,4	35,4	35,4	23	130	Rectangular 200x70	141,3	1,2	0,11
vilateral	2,6	1	0	1,3	11,5	5,75	5,75	7,5	42,3	Rectangular 220x90	200,9	4,7	0,15

Fuente: Propia

Para las vigas Va, Vd y Vlateral se selecciona un tubo estructural rectangular, ya que éste posee alta resistencia a la flexión, cuyas especificaciones se muestran en el apéndice 9.

Para las vigas Vb₂ y Vc se escoge una viga en U, y para la Vb₁ un tubo doble U, ya que este perfil es uno de los más eficientes, por su alta resistencia trabajando a la flexión como viga. Ver apéndice 10 y 11.

IV.3.2.3 Estudio de las columnas de la estructura fija

Para el estudio de la columna de la estructura fija se realiza con el mismo procedimiento del apartado IV.3.1.3. Se utiliza un perfil estructural cuadrado 80 x 80 mm (Ver apéndice 12); se considera que la condición de extremos de la columna debe ser fija – libre (Ver figura IV.39), tomando un valor conservador (Ver apéndice 7), se puede decir que $L_{efe} = 2,4L$, y se supone un factor de seguridad de $N=3$.

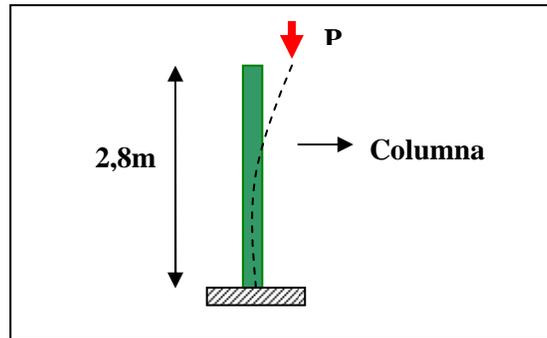


Figura IV.39. Condiciones terminales de la columna

Con el procedimiento del apartado IV.3.1.3 se verifica si la columna soporta la carga

Se verifica la relación de esbeltez con la ecuación IV.13,

Sabiendo que:

Donde:

$$I = 127,98\text{cm}^4, A = 14,14\text{mm}^2 \text{ (Ver apéndice 12).}$$

$$E = 206,8\text{GPa} \text{ (Ver apéndice 13).}$$

Sustituyendo en la ecuación IV.14 y IV.15 se tiene:

$$Sr = 135,6 \quad Srd = 107,5$$

Como $Sr \geq Srd$, se realiza el estudio mediante la ecuación IV.16, ya que se encuentra en la región segura de Euler, para determinar la carga crítica y se aplica el factor de seguridad con el fin de calcular la carga permisible.

$$P_{critica} = 39,3 \text{ KN}$$

Sustituyendo en la ecuación 11.IV se obtiene que:

$$P_{permisible} = 13,1 \text{ KN}$$



La columna más esforzada es la que sostiene al rodamiento con mayor carga, por lo tanto, el diagrama de cuerpo libre queda de la siguiente forma:

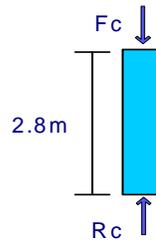


Figura IV.40. Diagrama de cuerpo libre de la columna

$$F_c = 9,9KN \quad R_c = 9,9KN \quad P_{columna} = 9,9KN \quad 13,1KN \geq 9,9KN$$

De la ecuación IV.11 se comprueba que la columna no falla. Por lo tanto, se van a utilizar tubos estructurales de aluminio de 80 x 80mm, ya asumido. (Ver apéndice 12)

IV.3.2.4 Análisis de la estructura lateral de parte fija

Se analiza la estructura lateral de la parte fija, en la cual se calculan las reacciones externas ejercidas sobre el armazón y las fuerzas internas que mantienen unidas a sus elementos.

Los rodamientos están ubicados en los nodos 4, 5, 7 y 8 de el siguiente diagrama de cuerpo libre del armazón completo para calcular las reacciones (Ver figura IV.41).

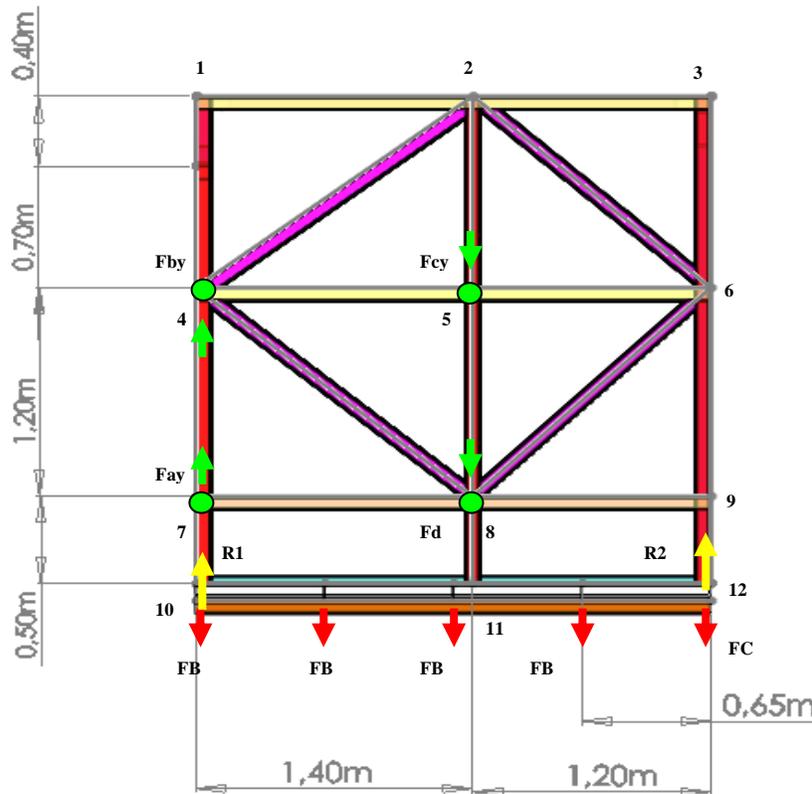


Figura IV.41. Cuerpo libre del Lateral de la estructura fija

El cálculo de las reacciones se realiza mediante las ecuaciones IV.2 y IV.2, del apartado IV.3.1.2, con los valores de las fuerzas de la tabla IV.3 y los resultados del apartado IV.3.1.7.1, se tiene que:

$$F_{cy} = F_{dy} = 1,6\text{KN} \quad F_{by} = F_{ay} = 9,9\text{KN} \quad F_C = 5,6\text{KN} \quad F_B = 35,4\text{KN}$$

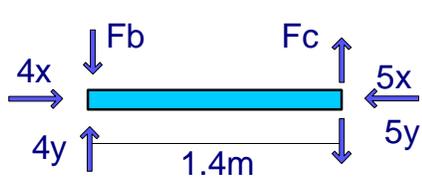
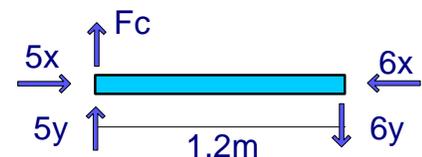
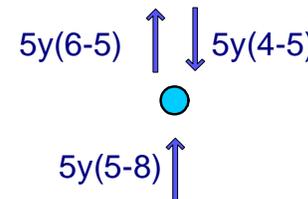
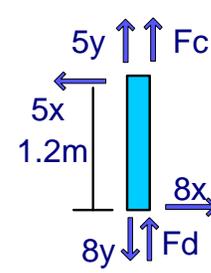
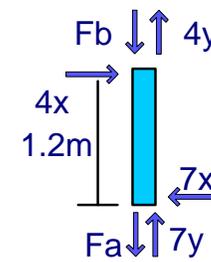
Con las ecuaciones IV.2 y IV.3, se calculan las reacciones:

$$\curvearrowright + \sum M_{10} = 0 \quad R_2 = 56,9\text{KN} \uparrow$$

$$+ \uparrow \sum F_y = 0 \quad R_1 = 106,8\text{KN} \uparrow$$

Ahora se desensambla la estructura y se dibuja el diagrama de cuerpo libre para cada uno de sus elementos. Ver figura IV.42.



- a) 
- Cuerpo Libre: elemento 4-5
- $$\Sigma M4 = 0 \quad Fc \times 1,4 - 5y \times 1,4 = 0$$
- $$5y = 1,6 \text{ KN}$$
- $$\Sigma Fy = 0 \quad -Fb + Fc - 5y + 4y = 0$$
- $$4y = 9,9 \text{ KN}$$
- $$+ \rightarrow \Sigma Fx = 0 \quad 4x - 5x = 0 \quad 4x = 5x$$
-
- b) 
- Cuerpo Libre: elemento 5-6
- $$+ \uparrow \Sigma Fy = 0 \quad Fc + 5y - 6y = 0$$
- $$6y = 3,2 \text{ KN}$$
-
- c) 
- Cuerpo Libre: nodo 5
- $$+ \uparrow \Sigma Fy = 0$$
- $$5y(6-5) + 5y(5-8) - 5y(4-5) = 0$$
- $$5y = 0 \text{ KN}$$
-
- d) 
- Cuerpo Libre: elemento 5-8
- $$\Sigma M5 = 0 \quad 8x \times 1,2 = 0 \quad 8x = 0 \text{ KN}$$
- $$\Sigma M8 = 0 \quad -5x \times 1,2 = 0 \quad 2x = 0 \text{ KN}$$
- $$+ \uparrow \Sigma Fy = 0 \quad -8y + 5y + Fc + Fd = 0$$
- $$8y = 3,2 \text{ KN}$$
-
- e) 
- Cuerpo Libre: elemento 4-7
- $$\Sigma M4 = 0 \quad 7x \times 1,2 = 0 \quad 7x = 0 \text{ KN}$$
- $$\Sigma M7 = 0 \quad -7x \times 1,2 = 0 \quad 7x = 0 \text{ KN}$$
- $$+ \uparrow \Sigma Fy = 0 \quad -Fb + 4y + 7y - Fa = 0$$
- $$7y = 9,9 \text{ KN}$$

(a). Diagramas de cuerpo libre de cada elemento de la estructura lateral de la estructura fija de la unidad móvil radiológica



f)

Cuerpo Libre: nodo 4
 $+\uparrow \Sigma Fy = 0$
 $4y(4-5) + 4y(4-7) - 4y(4-8) = 0$
 $4y(4-8) = 19,8 \text{ KN}$

g)

Cuerpo Libre: elemento 4-8
 $+\uparrow \Sigma Fy = 0 \quad 4y - Fb - 8y + Fd = 0$
 $8y = 11,5 \text{ KN}$
 $+\rightarrow \Sigma Fx = 0 \quad 4x - 8x = 0 \quad 8x = 0 \text{ KN}$

h)

Cuerpo Libre: elemento 6-9
 $+\uparrow \Sigma Fy = 0 \quad 6y - 9y = 0$
 $9y = 3,2 \text{ KN}$
 $+\rightarrow \Sigma Fx = 0 \quad 9x - 6x = 0 \quad 9x = 0 \text{ KN}$

i)

Cuerpo Libre: nodo 6
 $+\uparrow \Sigma Fy = 0$
 $6y(6-5) - 6y(6-9) - 6y(6-8) = 0$
 $6y = 0 \text{ KN}$

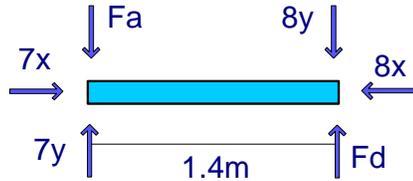
j)

Cuerpo Libre: elemento 6-8
 $+\uparrow \Sigma Fy = 0 \quad 6y - 8y + Fd = 0$
 $8y = 1,6 \text{ KN}$
 $+\rightarrow \Sigma Fx = 0 \quad -8x + 6x = 0$
 $8x = 0 \text{ KN}$

(b) Diagramas de cuerpo libre de cada elemento de la estructura lateral de la estructura fija de la unidad móvil radiológica



k)



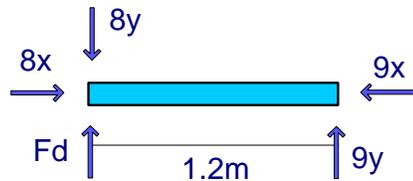
Cuerpo Libre: elemento 7-8

$$+\uparrow \Sigma Fy = 0 \quad 7y + Fd - Fa - 8y = 0$$

$$8y = 1,6 \text{ KN}$$

$$+\rightarrow \Sigma Fx = 0 \quad 7x - 8x = 0 \quad 8x = 0 \text{ KN}$$

m)



Cuerpo Libre: elemento 8-9

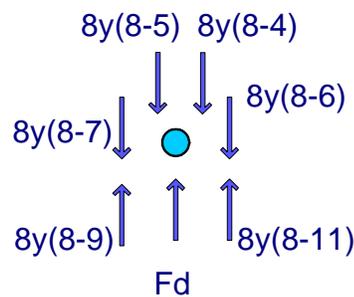
$$+\uparrow \Sigma Fy = 0 \quad -Fd - 9y + 8y = 0$$

$$8y = 4,8 \text{ KN}$$

$$+\rightarrow \Sigma Fx = 0 \quad -9x + 8x = 0$$

$$8x = 0 \text{ KN}$$

n)



Cuerpo Libre: nodo 8

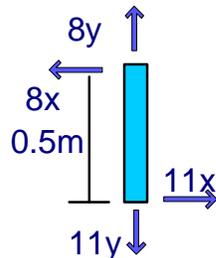
$$+\uparrow \Sigma Fy = 0$$

$$-8y(8-5) - 8y(8-4) - 8y(8-6) - 8y(8-7)$$

$$+ 8y(8-9) + Fd + 8y(8-11) = 0$$

$$8y = 11,5 \text{ KN}$$

ñ)



Cuerpo Libre: elemento 8-11

$$+\uparrow \Sigma Fy = 0 \quad 8y - 11y = 0$$

$$11y = 11,5 \text{ KN}$$

$$+\rightarrow \Sigma Fx = 0 \quad -8x + 7x = 0$$

$$7x = 0 \text{ KN}$$

(c) Diagramas de cuerpo libre de cada elemento de la estructura lateral de la estructura fija de la unidad móvil radiológica

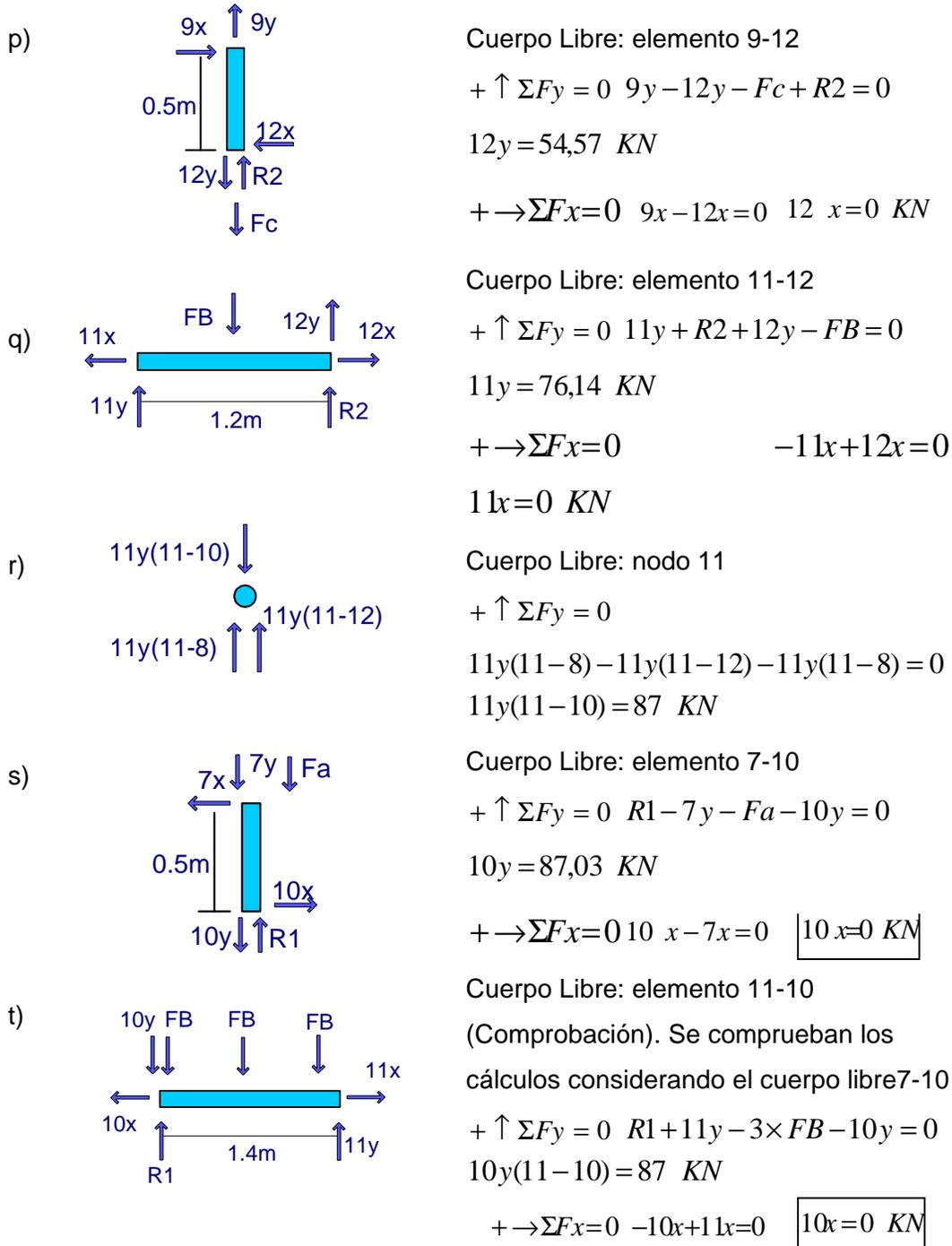


Figura IV.42. Diagramas de cuerpo libre de cada elemento de la estructura lateral de la estructura fija de la unidad móvil radiológica



Como se determinan todas las incógnitas y se cumplen todas las ecuaciones bajo condiciones de carga, la estructura es estáticamente determinada y rígida.

IV.3.2.5 Cálculo de soldadura de la estructura de acero

Al igual que en la estructura de aluminio (extensión), en la estructura de acero (parte fija) se emplean cordones de soldadura a filete y el cordón de soldadura se estudia como una línea recta cuya longitud es el perímetro de la unión entre los tubos.

El diseño de la soldadura de la estructura de acero se realiza siguiendo el procedimiento descrito en el apartado IV.3.1.5, seleccionando un electrodo de tipo E-6013 con un $S_u=510$ Mpa (Ver apéndice 14), el cual es el más adecuado para este tipo de aplicaciones, ya que une aceros estructurales y de construcción.

El esfuerzo admisible se calcula mediante la ecuación IV.19 con una factor de seguridad de $N=1$, recordando que al principio de los cálculos de asumió un factor de seguridad.

$$\tau_{adm} = 510MPa$$

Para obtener la fuerza resultante es necesario calcular la fuerza de corte y la fuerza de flexión aplicada al cordón de soldadura donde:

V : Es la carga que ejerce el peso de la extensión (ver apartado IV.3.1.6) sobre la viga lateral. Dimensiones de la viga lateral ver apéndice 9.

$$V = 329 \text{ KN}$$

Donde:

b : ancho del perfil. $b = 0,08$ m

d : altura del perfil. $d = 0,12$ m

Sustituyendo la ecuación IV.22 obtenemos:

$$A_w = 0,452 \text{ m}$$



El momento que actúa sobre la soldadura es el producto de la carga que ejerce el peso de la extensión (V) por 1 m de longitud que se expande la extensión

$$M = 329 \text{ KNxm}$$

Sustituyendo la ecuación IV.24 se obtiene la flexión del eje horizontal

$$S_w = 0,0144 \text{ m}^2$$

Sustituyendo en las ecuaciones IV.22 y IV.23 se obtiene:

$$F_{\text{corte}} = 72,7 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$F_{\text{Flexion}} = 2284,7 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

Mediante la ecuación IV.21 se calcula la fuerza resultante:

$$F_r = 2285,8 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

Finalmente se tiene de la ecuación IV.19 que:

$$W = 4,48\text{mm}$$

Con este cordón se asegura la unión de todos los elementos que conforman la estructura de acero ya que el estudio se realizó en la zona más esforzada.

IV.3.2.6 Cálculo del peso de la estructura fija

Para obtener la masa es necesario separar cada uno de los componentes que conforman las paredes, como lo son el PRFV y el plomo, posteriormente se efectúa el cálculo por metro cuadrado. La masa calculada, se multiplica por el área, y se suma al valor del peso de los tubos estructurales por metros lineales, y a su vez se suma también el peso de los equipos y de la extensión.



Tabla IV.7. Datos y resultados de la masa de las vigas de la estructura fija

Vigas	Masa C/U (Kg/m)	Metros (m)	Masa (Kg)
Rectangular 100x50	10,32	96	990,72
Doble U 140x66	14,3	18	257,4
En U 140x65	14,5	12	174
Rectangular 200x70	17,15	5,2	89,18
Rectangular 80x40	3,94	24,3	95,742
Columna 80 x 80	11,1	28	310,8
Total (Kg)			1.917,842

Fuente: Unicon C.A.

Tabla IV.8. Masa de los Equipos dentro de la unidad

Equipos	Masa (Kg)
RX	577
Baño	150
Oficina	200
Aire acondicionado	63
Motor	10
Total (Kg)	1000

Fuente: Línea clínica C.A., Conti C.A., Sovica, C.A.

Para calcular el peso de la Unidad Móvil de radiología, hay que tomar en cuenta el peso total de la extensión calculada en apartado IV.3.1.6, donde la masa de la extensión es de 3.358 Kg y el peso de la masa de paredes de la estructura fija calculado en el apartado IV.3.2.2 de la tabla IV.7 donde la masa es de 1502,24 Kg

$$P_{um} = M_t(Kg) \cdot g(m/s^2) \tag{Ec.IV.29}$$

Donde:

$$M_t = 7822,9Kg \cong 8ton$$

$$P_{um} = 78,5KN$$



IV.3.2.7 Cálculo para el diseño del traslado

En esta sección se verifica que el tráiler pueda ser trasladado por un montacargas o por una grúa, para lo cual se consideran los siguientes aspectos.

IV.3.2.7.1 Traslado por grúa

El traslado de la unidad utilizando una grúa se realiza por medio de eslingas de acero las cuales se enganchan en los esquineros de izaje ubicadas en la parte superior de la misma.

Las vigas de la parte superior de la estructura al ser alzada por medio de una grúa, están sometidas a un esfuerzo de compresión generado por la tensión de las cuerdas que deben ser capaces de levantar el contenedor. En la siguiente figura se muestra el diagrama de cuerpo libre que representa el contenedor sostenido por la grúa.

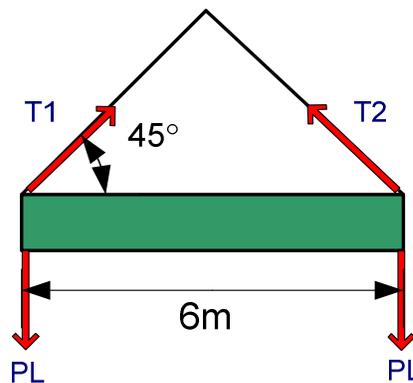


Figura IV.43. Diagrama de cuerpo libre del contenedor izado por una grúa.

Para el izaje se selecciona una eslinga de cable de acero cuádruple de 7/8" de diámetro del cable, ya que ésta es capaz de soportar el peso total del contenedor. El ángulo de izaje seleccionado es de 45°. Ver apéndice 25.

El esfuerzo al que está sometida la viga se calcula mediante la ecuación IV.17.



Donde:

σ : Esfuerzo al que está sometida la viga.

T_x : La fuerza de compresión a la cual está sometida la viga V_e .

A : El área de sección transversal de la viga V_e .

En la figura se puede ver el diagrama de cuerpo libre de la viga V_e sometida a compresión.

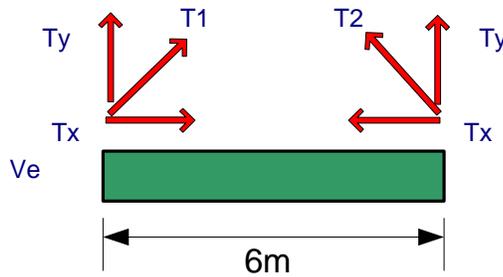


Figura IV.44. Diagrama de cuerpo libre de la viga V_e sometida a compresión.

Para el cálculo de las tensiones se utiliza la ecuación IV.30, donde PL es la fuerza que soporta cada eslinga

$$PL = P_{um} / 4$$

$$\frac{PL}{\text{sen}90^\circ} = \frac{T_2}{\text{sen}45^\circ} = \frac{T_1}{\text{sen}45^\circ} \quad \text{Ec.30.IV}$$

$$T_1 = T_2 = PL \times \text{sen}45^\circ$$

$$T_1 = T_2 = 13.871 \text{ N}$$

$$T_x = T_1 \times \cos 45^\circ = 9807,03 \text{ N}$$

Calculo del esfuerzo de la viga sustituyendo la ecuación IV.17:

$$\sigma = 3,71 \text{ MPa}$$

Se verifica que la viga V_e no falla a compresión ya que el esfuerzo de la



viga es menor al del material $S_y = 355 \text{ Mpa}$ por lo tanto $\sigma < S_y$

Los esquineros de izaje que lleva la unidad móvil son normalizados por la comisión coordinadora de puertos, donde establecen las dimensiones y resistencia de los esquineros para contenedores. La carga designada al levantamiento es de 15 Tonf con respecto a la horizontal y las dimensiones se pueden observar en la siguiente figura.

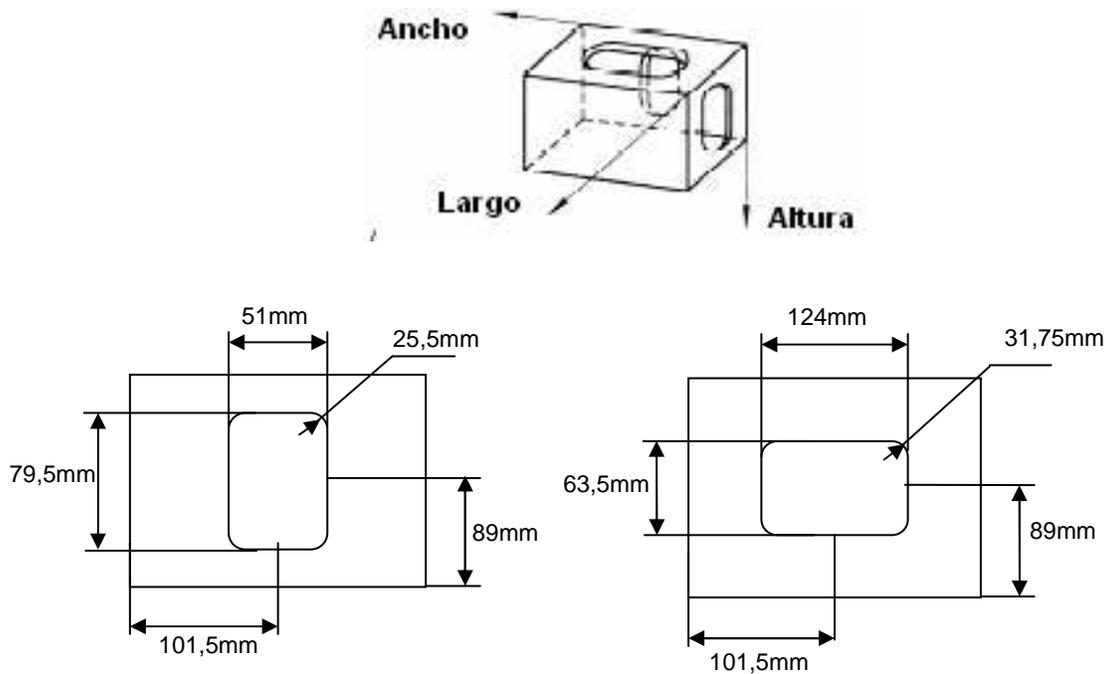


Fig. IV.45 Esquinero de izaje superior de la unidad móvil

IV.3.2.7.2 Traslado por monta carga

Cuando la unidad es movilizada por un monta carga, la viga esforzada es la viga Vb_1 , la cual presenta un esfuerzo de flexión debido al peso de las estructuras. Las fuerzas resultantes se ubican a 1,98 m del extremo de la viga, esta medida es estándar para las paletas de un montacargas (Ver figura IV.46)

Al igual que en el traslado por grúa, para obtener la fuerza F ejercida sobre la viga Vb_1 se divide el peso total de la unidad entre el número de apoyos; para este caso es igual a 19 (Ver figura IV.47).

$$F = 8000 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 / 19 = 4,1 \text{ KN}$$

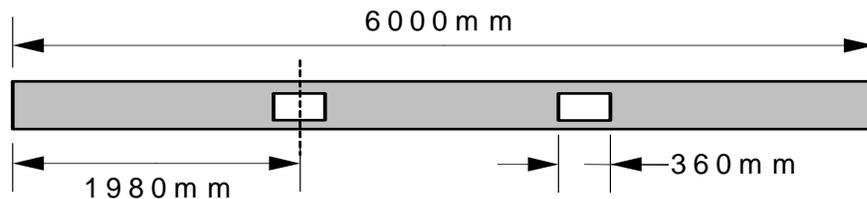


Figura IV.46. Perforaciones para un monta carga

En el diagrama de cuerpo libre de la viga Vb_1 que se muestra en la figura IV.34, en el apartado IV.3.2.2, se muestran las fuerzas ejercidas por las vigas Va . En la figura IV.47 se representa esta viga Vb_1 con los puntos de apoyos de las uñas del monta carga.

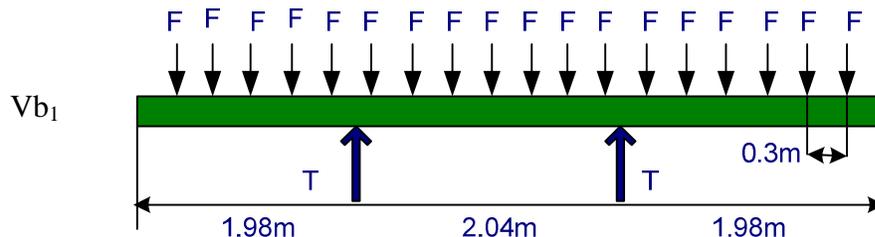


Figura IV.47. Diagrama de cuerpo libre de la viga Vb_1 sostenida por un monta carga

Para el cálculo de las tensiones se sustituye las ecuaciones IV.2 y IV.3, dando como resultado: $T = 38,85 \text{ KN}$

Sustituyendo las ecuaciones IV.4 y IV.5 se tiene que: $M = 14,1 \text{ N} \times \text{m}$

Sustituyendo la ecuación IV.6 se tiene como resultado: $S_x = 79,5 \text{ cm}^3$

Comparando el momento de resistencia S_x con el momento de resistencia de la viga $S_{x\text{viga}}=85,6$, seleccionado anteriormente en el apartado IV.2.1 para el tubo estructural en forma de U 140x65 mm,



$S_x \leq S_{xviga}$ $79,5 \leq 85,6$, se obtiene como resultado que la viga Vb_1 no flexa en el momento del traslado con el montacargas y tiene un factor de seguridad de: $N = 1,2$

IV.3.2.8 Cálculo a fatiga

Los ciclos de esfuerzos repetidos a los cuales se somete las vigas pueden provocar falla por fatiga, se usa el criterio de Goodman modificado. El estudio de fatiga se realiza a la viga Vb_2 (Ver Apéndice 11), la cual experimenta una carga a flexión totalmente alternante, debido al peso del equipo de RX, y se diseña a vida infinita.

Criterio de Goodman modificado:

$$\frac{\sigma_a}{Se} + \frac{\sigma_m}{Sut} = \frac{1}{N} \tag{Ec.IV.31}$$

Donde:

σ_a : Esfuerzo alternante unidimensional (MPa)

σ_m : Esfuerzo medio unidimensional (MPa)

Se : Resistencia a la viga corregida (MPa)

N : Factor de seguridad (MPa)

Sut : 630 MPa, Resistencia última del acero

El Límite de resistencia a la fatiga Se' , para aceros:

$$Se' = 0,5 \times Sut \rightarrow \text{para } Sut \leq 1400MPa \tag{Ec.IV.32}$$

$$Se' = 315MPa$$

El límite de resistencia a la fatiga corregido Se , se calcula con la siguiente ecuación:

$$Se = Ka \times Kb \times Kc \times Kd \times Ke \times Se' \tag{Ec.IV.33}$$

Ka : Acabado superficial



$$Ka = A \times Sut^b \quad \text{Ec.IV.34}$$

Para un acabado superficial maquinado a: 4,51 y b: -0.265, sustituyendo

$$Ka = 0,81$$

Kb : Factor de tamaño

$$Kb = 1,189 \times d_{equiv}^{-0,097} \quad \text{Ec.IV.35}$$

La viga no es redonda por lo cual se debe buscar el diámetro equivalente (d_{equiv}) con base en 95% de su área esforzada (A_{95}) y ésta servirá para estimar el factor de tamaño, [Norton, 1999].

$$A_{95} = 0,1b.t \quad \text{Ec.IV.36}$$

Donde:

$b = 66$ mm. Base de la viga

$t = 8,6$ mm. Espesor de la viga

$$A_{95} = 56,76 \text{ mm}^2$$

$$d_{equiv} = \sqrt{\frac{A_{95}}{0,0766}} = 27,6 \text{ mm} \quad \text{Ec.IV.37}$$

Sustituyendo en la ecuación IV.35

$$Kb = 0,862$$

Kc : Factor de carga

Para sistemas sometidos a flexión $Kc = 1$

Kd : El factor de temperatura.

La temperatura de trabajo es inferior a 450 °C

$$Kd = 1$$



K_e : Factor de confiabilidad, para un 90% [Norton, 1999].

$$K_e = 0,897$$

Sustituyendo en la ecuación IV.33

$$S_e = 197,28 \text{MPa}$$

Esfuerzos alternantes

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \quad \text{Ec.IV.38}$$

Esfuerzos alternantes

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad \text{Ec.IV.39}$$

Evaluando los esfuerzos de flexión

$$\sigma_{\max} = \frac{M \times c}{I} \quad \text{Ec.IV.40}$$

$$\sigma_{\min} = -\frac{M \times c}{I} \quad \text{Ec.IV.41}$$

Donde:

σ_{\max} = Esfuerzo de flexión máxima (MPa)

σ_{\min} = Esfuerzo de flexión mínimo (MPa)

$c = 0,07$ m, Distancia más alejada del eje centroidal (m)

M = El Momento flector aplicado (Nxm)

$I = 5,7 \times 10^{-6}$ m⁴, Momento de inercia de área (mm⁴) (Ver apéndice 10)

Momento flector

$$M = Fxd \quad (\text{Nxm}) \quad \text{Ec.IV.42}$$



Donde:

$F = 1653,8$ N. Peso del equipo de Rx dividido entre el número de vigas Vb_2 que soportan del mismo.

$d = 2$ m. Longitud media del equipo de RX.

Sustituyendo en la ecuación IV.42

$$M = 3307,6 \text{ Nxm}$$

Sustituyendo en la ecuación IV.40 y IV.41:

$$\sigma_{\max} = 40,6 \text{ MPa} \quad \sigma_{\min} = -40,6 \text{ MPa}$$

Sustituyendo en la ecuación IV.38 y IV.39 respectivamente se tiene que:

$$\sigma_a = 40,6 \text{ MPa} \quad \sigma_m = 0 \text{ MPa}$$

Despejando el factor de seguridad y sustituyendo en la ecuación IV.31

$$N = 5$$

El resultado obtenido para factor de seguridad indica que es confiable [Mott, 1999], y la viga no falla por fatiga.

IV.3.3 Diseñar el acoples para convertir la unidad en un Cuerpo Bajo

IV.3.3.1 Bases del Cuerpo Bajo

Es una estructura que transformará la Unidad Móvil en un trailer de cuerpo bajo el cual permitirá el fácil acceso al interior de la unidad de RX, ya que la distancia que hay desde el suelo a la cabina es de 20 cm (Ver figura IV.48)

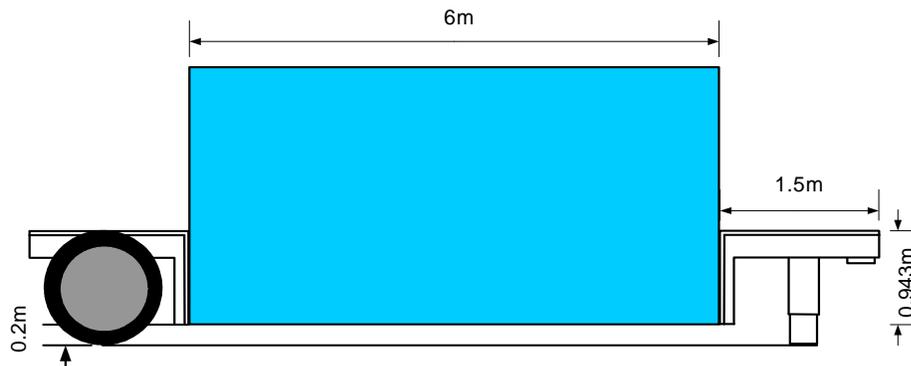
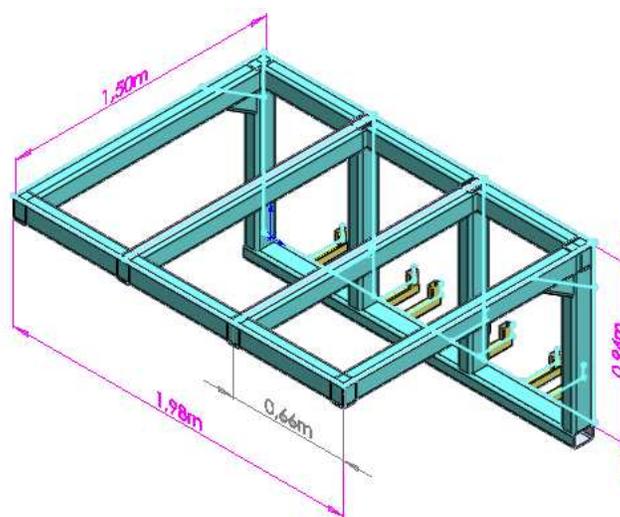
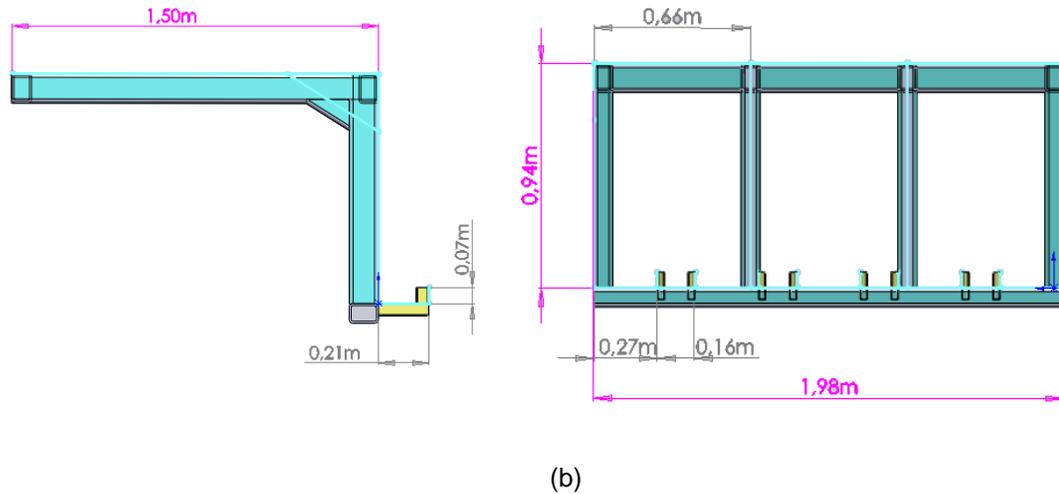


Figura IV.48 Cuerpo bajo de la Unidad de RX

Esta estructura se diseñará acoplado dos bases idénticas ubicadas en la parte frontal y posterior de la unidad, por medio de tornillos (Ver figura IV.51). En donde la base de la parte frontal tendrá una columna de apoyo con un gancho que permitirá remolcar el trailer, y en la base posterior, se encontrará la suspensión. La Unidad de servicio radiológico pesa 8Ton aproximadamente calculado en IV.2.8, lo que indica que cada base soporta 4 toneladas. Para la base se calculará la viga de acero, y con ella se construirá toda la estructura de la base, que estará cubierta por una lamina de acero de 38 mm de espesor (Ver especificaciones en Apéndice 20), unidas por soldadura.



(a)



(b)
Figura IV.49 Base para el cuerpo bajo, (a) Isometría de la base del cuerpo bajo, (b) Vistas de la base para el cuerpo bajo

Las vigas más esforzadas son aquellas donde se encuentran los tornillos, que unirán la base a la Unidad. Como se mencionó anteriormente cada base debe soportar una masa de 4Ton, este peso recae directamente sobre los tornillos, por ello cada base tiene unos soportes que se enganchan en la unidad para disminuir la fricción que tienen los tornillos como se muestran en la figura IV.49.

En el siguiente diagrama se muestra una viga donde hay una carga puntual, $F = 2000Kg \times 9,81m/s^2 = 19,6KN$, que es la mitad de la masa que soporta la base y dos apoyos que los proporcionan los tornillos.

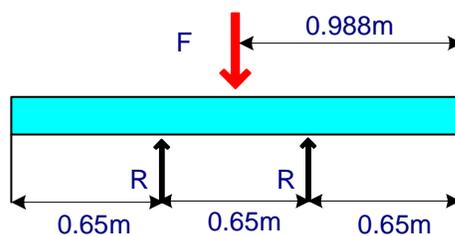


Figura IV.50 Diagrama de la viga del cuerpo bajo



Para el análisis del diagrama de corte y momento se utilizaron las ecuaciones del apartado IV.3.1.2 Para el cálculo de las reacciones se sustituyen las ecuaciones IV.2 y IV.3, dando como resultado

$$R = 9,8KN$$

Utilizando la ecuacion IV.4 y IV.5 para el cálculo del momento, arrojando como resultado:

$$M = 3185 Nxm$$

Para la selección de la viga se calcula el momento de resistencia S_x con la ecuacion IV.6

$$S_x = 17,94 \text{ cm}^3$$

Comparando con el catálogo se selecciona un tubo estructural rectangular de acero de 220x90 mm con un S_{xviga} de 200,98, (Ver apendice 9), dando como resultado un factor de seguridad de $N=11$.

IV.3.3.2 Selección del Tornillo

Se van a colocar 4 tornillos en cada base. Para determinar el tamaño adecuado del perno y una precarga para la unión, se debe encontrar el factor de seguridad contra la fluencia.

Las dimensiones de unión son $D = 494 \text{ mm} = 19,44 \text{ plg}$ y $L = 122 \text{ mm} = 4,8 \text{ Plg}$, las dimensiones del tornillo son $d = 2 \text{ plg}$, $l = 5,51 \text{ plg}$ la carga aplicada dividida entre 8 tornillos, es:
 $P = 1000Kg \times 9,81M / s^2$, $P = 9810 N$

Ambas piezas sujetas son de acero. Se aplica para el primer ensayo una precarga de 90% de la resistencia de prueba del perno.

Se selecciona un perno de acero de 2-4.5 UNC-2A (Ver Apéndice 20) de clase SAE 8 (Ver Apéndice 21). Para la longitud de sujeción de 122 mm,



se supone una longitud de perno 140 mm para permitir que sobresalga lo suficiente para la tuerca.

La precarga se calcula con la siguiente ecuación:

$$F_i = 0,9SpA_t \quad \text{Ec.IV.43}$$

Donde:

F_i = Precarga

$Sp = 120Kpsi$ Resistencia de prueba mínimo (Ver apéndice21)

$A_t = 2,4982p\lg^2$ Área de esfuerzo a tensión (Ver apéndice20)

Sustituyendo la ecuación IV.43, se tiene:

$$F_i = 269805Lb$$

Para determinar la longitud de rosca L_{rosca} y del vástago l_s del perno según se muestra en la figura IV.50.

$$L_{rosca} = 2d + 0,25 = 4,25p\lg \quad \text{Ec.IV.44}$$

$$L_s = l - L_{rosca} = 1,26p\lg \quad \text{Ec.IV.45}$$

A partir de los cuales es posible determinar la longitud de la rosca L_t que está en la zona de sujeción

$$L_t = L - L_s = 3,54p\lg \quad \text{Ec.IV.46}$$

Para determinar la rigidez del perno, se realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{KB} = \frac{L_t}{A_t E} + \frac{L_s}{A_t E} \quad \text{Ec.IV.47}$$

Sustituyendo en la ecuación IV.47 se obtiene:

$$KB = 16583748l_b / p\lg$$



El cálculo de la rigidez del material se presenta con la siguiente ecuación:

$$K_m = \frac{\pi(D^2 - d^2)E}{4xl} \quad \text{Ec.IV.48}$$

$$K_m = 183333,33$$

El factor de rigidez de la unión de la siguiente ecuación es:

$$C = \frac{KB}{K_m + KB} \quad \text{Ec.IV.49}$$

$$C = 8,96 \times 10^{-3}$$

La carga aplicada P en el perno y el material pueden determinarse ahora, a partir de las ecuaciones IV.50 y IV.51.

$$P_b = CxP \quad P_b = 19,76Lb \quad \text{Ec.IV.50}$$

$$P_m = (1 - c)P, \quad P_m = 2185,2lb \quad \text{Ec.IV.51}$$

Se encontraran las cargas resultantes tanto en el perno como en el material una vez aplicada la carga P

$$F_b = F_i + P_b, \quad F_b = 269824,76lb \quad \text{Ec.IV.52}$$

$$F_m = F_i - P_m, \quad F_m = 267619,8lb \quad \text{Ec.IV.53}$$

El esfuerzo máximo a tensión en el perno es:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_t} \quad \sigma_b = 108007,6Psi \quad \text{Ec.IV.54}$$

El factor de seguridad a la fluencia será:

$$N_y = \frac{S_y}{\sigma_b}, \quad N_y = 1,2 \quad \text{Ec.IV.55}$$



El esfuerzo cortante es un modo de falla posible por cortante, implica que las roscas, ya sea tuerca o tornillo se barran. Para saber si ocurre, se calcula el esfuerzo cortante para el barrido de roscas τ_s a partir de:

$$\tau_s = \frac{F}{A_s} \quad \text{Ec.IV.56}$$

El área cortante de barrido A_s para una rosca de tornillo es el área del cilindro de su diámetro menor d_r

$$A_s = \pi d_r \times w_i \times P \quad A_s = 19,35 \quad \text{Ec.IV.57}$$

Donde w_i es el factor que define el porcentaje del paso ocupado por el metal en el diámetro menor (Ver apéndice 22)

En el caso de la rosca de la tuerca, que se barre en su diámetro mayor, el área del cortante de una rosca de tornillo es:

$$A_s = \pi d \times w_o \times P \quad A_s = 24,88 \quad \text{Ec.IV.58}$$

Donde el valor correspondiente a w_o en el diámetro mayor es igual a 0,88 (Ver apéndice 22)

Sustituyendo el resultado de la Ec. IV.55 en la Ec. IV.56 tenemos

$$\tau_s = 113,95 \text{ Kpsi}$$

Ahora sustituyendo el resultado de la Ec. IV.58 en la Ec. IV.56:

$$\tau_s = 88,65 \text{ Kpsi}$$

Los esfuerzos cortantes de las roscas son menores los esfuerzos del material (Ver apéndices 21), por lo cual queda comprobado que el tornillo no falla por corte.



IV.3.3.3 Suspensión del Cuerpo Bajo

El AAT es un sistema integrado de suspensión, eje y frenos para remolques más resistente y ligero en el mercado actual, que proporciona una mayor protección de la carga (Ver figura IV.51).

Este sistema de suspensión trae durabilidad y ahorros en peso a las aplicaciones de perfil bajo.

Características y beneficio:

- Disponible en capacidades de suspensión de 23.000, 25.000 y 30.000 libras por eje.
- Alturas de manejo de 6,5 a 21 pulgadas.
- Proporciona una excelente distancia de seguridad con el piso al estar alzado.
- Requerimientos de mantenimiento minimizados.
- Diseño sencillo y funcional con menos piezas lo que significa menos piezas que se desgastan.
- La baja frecuencia de muelle le proporciona una magnífica calidad de rodaje.
- Los Bujes TRI-FUNCIONALES optimizan suavidad de rodaje y control.
- Amortiguadores de gran diámetro con un mayor volumen de líquido, sellos de primera calidad y bujes enlazados para una vida útil extendida.
- Cámaras de aire de alta capacidad con presiones de operación bajas para un rápido llenado con aire.
- Ensamble de calidad controlada, incluyendo pruebas del sensor ABS.
- El único Sistema de Levas en Tubo estándar en la industria, mejora la alineación de las levas S y prolonga la vida útil.
- Proporciona una mayor reserva de frenado e incrementa la seguridad, sin el costo de las cámaras de carrera larga.
- Menor consumo de aire, crítico para el rendimiento del ABS.



- Componentes con tratamiento térmico para una mayor durabilidad.
- La convergencia neutral del eje que mejora el kilometraje y la vida de las llantas.

El sistema de suspensión del cuerpo bajo para la Unidad Móvil radiológica necesita una capacidad de 4Ton = 8818.490 lb. Comparando con el sistema de suspensión seleccionado se obtiene un factor de seguridad de 2,5.



Figura IV.51 Sistema de suspensión del cuerpo bajo

IV.3.3.4 Neumáticos para el Cuerpo Bajo

Los neumáticos deben soportar una carga de 2000 Kg cada uno, por ello se selecciona un Neumático Camión Radial - Bridgestone M-840 (Ver figura IV.52) con diámetro de Rim 20, medida 12.00R20 (Ver apéndice 23) con un carga máxima de 3720 Kg, dando un factor de seguridad de $N=1,86$.

Donde sus características principales son:

- Apropiado para desempeñarse en toda posición en servicios dentro y fuera de carretera, tales como camiones de volteo.
- Ostenta una construcción especial y un nuevo compuesto de banda que permite excelente resistencia a cortes y desgarres lográndose una capacidad superior.
- Su banda ancha y de profundos surcos entrega larga vida original.



Figura 52. Neumático para el Cuerpo bajo

IV.3.4 Requerimientos de los equipos a utilizar

Para el suministro de energía, se debe investigar los requerimientos del equipo de RX, computadora, scanner, digitalizador y la energía eléctrica necesaria dentro de la Unidad. Se debe tomar en cuenta que la Unidad utiliza un aire acondicionado debido a que los equipos de radiología deben operar en un rango de temperatura determinado.

IV.3.4.1 Diseño de la distribución eléctrica

Se realizan los planos del sistema eléctrico de la Unidad Móvil; el suministro eléctrico de la Unidad de RX debe ser de forma externa. Éste tiene una toma de corriente, la cual proporciona la energía al tablero principal, y a partir de ésta se distribuye a todos los equipos de la Unidad (Ver figura IV.53 y IV.54).

IV.3.4.1.1 Sistema eléctrico

Cargas asociadas

- Equipo de RX con una potencia de 50 KVa, una tensión de línea de entrada trifásica de 208 vol, y una corriente 138 Amp. Su alimentación se hará con un cable de 3 conductores THW 2/0, 1 neutro de THW #8 y 1 tierra de THW #8.



- Aire acondicionado capacidad 18.000 BTU/hr a 220V, 60 Hz. Incluye cableado eléctrico en cable #10 con 2 hilos conductores y 1 tierra.
- Iluminación de 65 Watt en cable #12 con 1 hilos conductores y 1 neutro.
- Misceláneos, son cinco puntos los cuales dan un total de 1200 Watt. Con una instalación de cableado #12 con 1 hilos conductores, 1 neutro y 1 de tierra
- Motor electrico 1/2 HP, alimentaron de 220 voltios, con un cable #10 con 2 hilos conductores y 1 tierra.

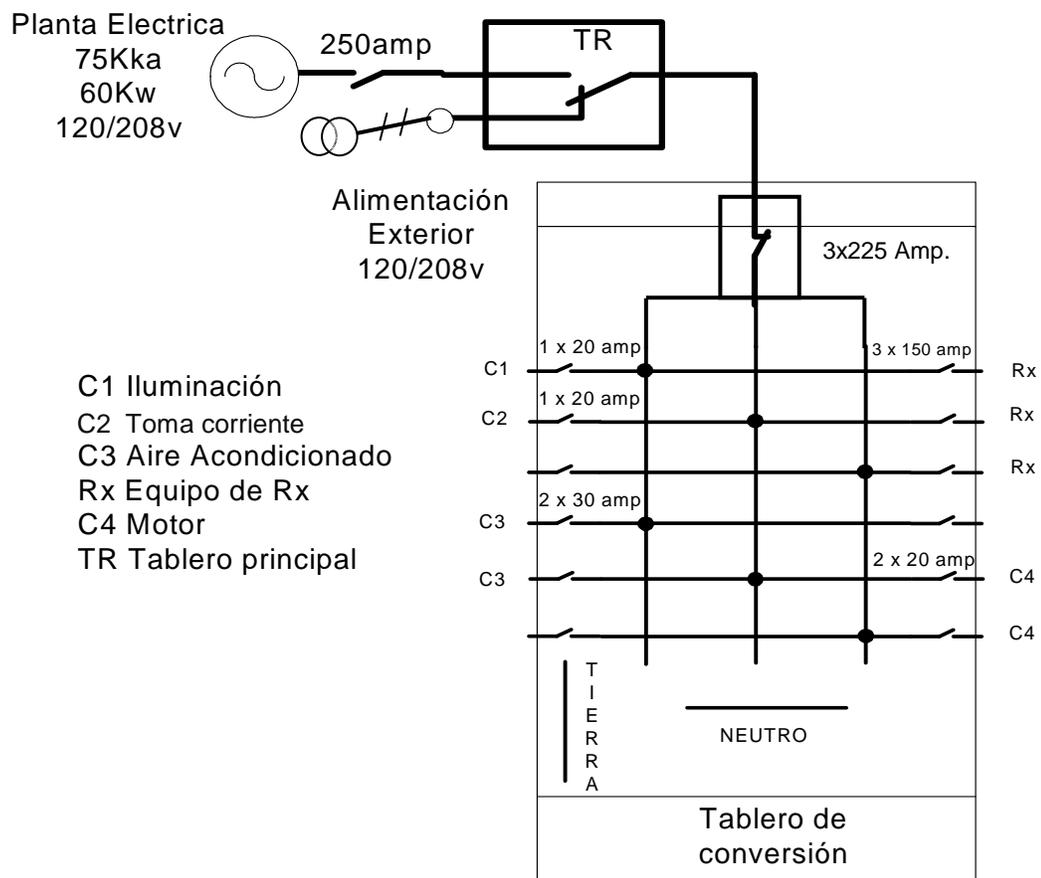


Figura IV.53. Tableros de instalación eléctrica

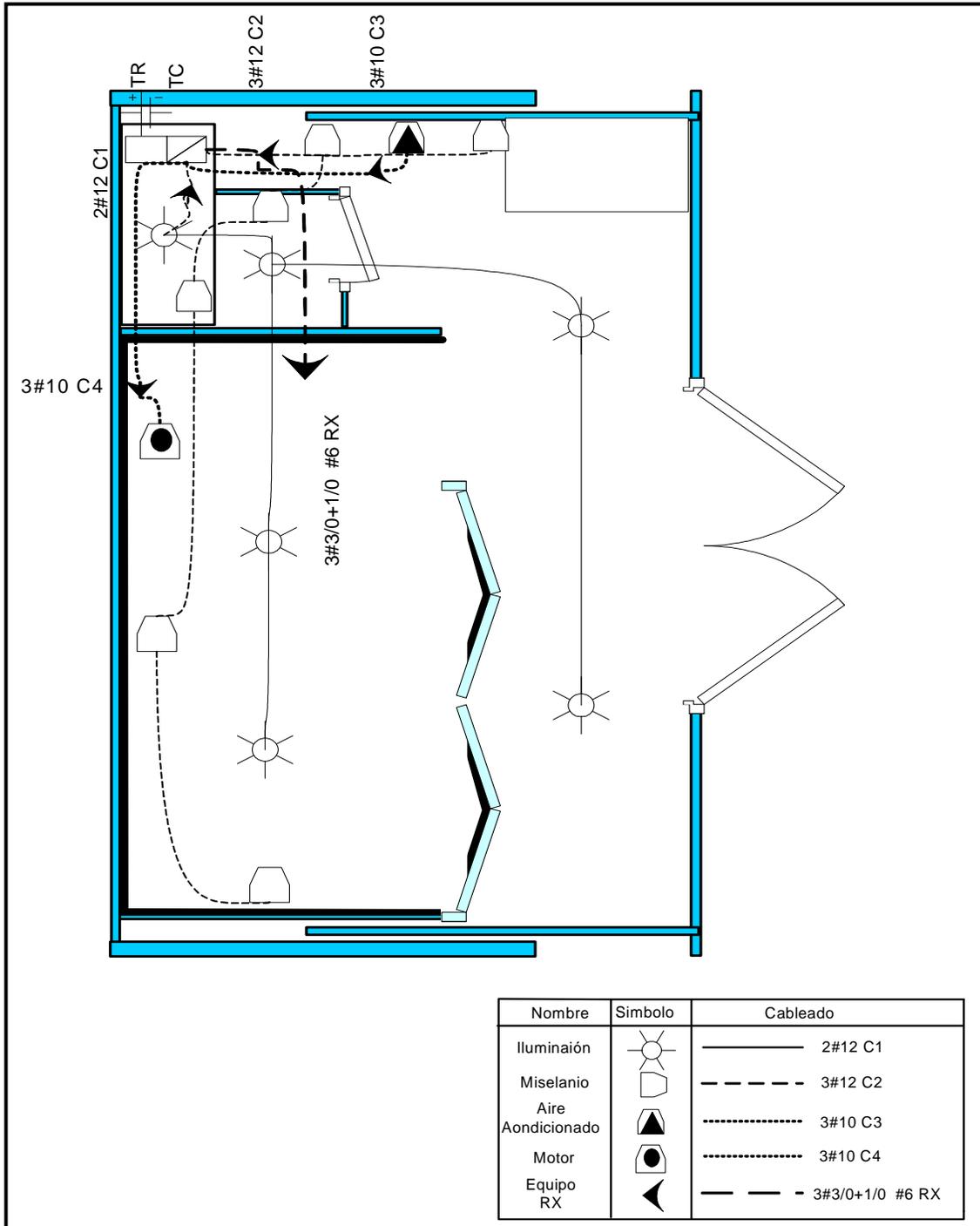


Figura IV.54. Vista de planta de la instalación eléctrica



IV. 3.4.2 Selección de sanitario dentro de la Unidad

El baño se encuentra elaborado de fibra de vidrio, cuerpo superior e inferior y tanques, lavamanos y sanitario, sus accesorios complementan su durabilidad y resistencia por estar fabricados en acero inoxidable. Cada unidad cubre un área determinada según su referencia, la cual es de 570x940 mm. El peso aproximado con tanques llenos es de 150 Kg.

Accesorios, los cuales se pueden observar en la figura IV.55

- Jabonera tipo dispensador
- Basurera inoxidable
- Pasamanos Inoxidable
- Dispensador de Papel Higiénico
- Extractor de olores
- Lámpara
- Espejo de seguridad



Figura IV.55. Baño de la unidad móvil de radiología



IV. 3.4.3 Selección del aire acondicionado de la unidad móvil

La unidad de aire acondicionado debe ser capaz de acondicionar un área incluyendo la extensión:

$A = 6m \times 3.6m = 21.6m^2$, además poder mantener una temperatura de 15°C a 30°C, ya que este es el rango de temperatura en el cual debe operar el equipo radiológico.

Una cifra conservadora por diseño es $700 \frac{Btu}{m^2}$

Para la Unidad se necesita un aire acondicionado de mínimo 15.120 *Btu*, por lo tanto, se selecciona un aire acondicionado de 18000 *Btu*.

Se selecciona un split fijo, ya que la Unidad Móvil no está acoplada a un vehículo en específico, sino que es un trailer.

Especificaciones Técnicas:

- Capacidad de calefacción y refrescar: 18000 *Btu*.
- Potencia: Calor 1920 W; Frío 1900 W.
- Volumen Refrigeración R22 1200.
- Unid. Interna 1060x365x285 mm.
- Unidad Externa 915x350x600 mm.
- Área a Climatizar: hasta 42 m².
- Circulación de aire: 780 m³/h.

IV.4 Estudio la factibilidad económica

IV.4.1 Estimación de costo de la construcción de la unidad

Se realiza un estimado de costos basado en especificaciones de diseño de Ingeniería Básica, las cuales son de un alcance suficiente para definir el proyecto.



IV.4.1.1 Estimación de costos

En esta sección se presentan los costos asociados a las partidas de construcción (ver pág. 152), y el tiempo de recuperación de la inversión.

Para la elaboración del estudio de costo se establecen algunos criterios entre los cuales se puede mencionar:

- En los costos solo se contemplan el valor del material, del personal y las herramientas necesarias para la construcción de la Unidad Móvil.
- Para la construcción de la Unidad Móvil para el servicio Radiológico es necesario tomar en cuenta la inversión de Activos Fijos Tangibles, tales como:
 - En la construcción del contenedor, se contemplan las estructuras, el recubrimiento de la estructura, el sistema eléctrico; el mecanismo de la extensión y los acoples para el cuerpo bajo.
 - El acondicionamiento de la Unidad Móvil, incluye el baño, la camilla, el aire acondicionado, la lámpara de emergencia, el extintor y la cámara con monitor.
 - Los equipos necesarios para realizar los exámenes de RX con tecnología de punta, el cual incluye el software del equipo.

El total de la inversión en estos activos es un aproximado de 428.000 Bolívares en moneda corriente.

Para estimar este monto se tuvo que establecer promedios de costos para cada uno de dichos activos fijos, resultado de una investigación en el mercado venezolano sobre los precios de los equipos tecnológicos, de construcción y de oficina.

Para la construcción de la Unidad Móvil de servicio radiológico es necesario tomar en cuenta la inversión de Capital de Trabajo. Para calcular el capital de trabajo se constituye el personal, los sueldos y salarios que fueron establecidos por trabajadores de la especialidad, con una jornada laboral de



ocho horas diarias y el tiempo para la ejecución de la Unidad Móvil será de dos meses. Del total de los sueldos y salarios se multiplica por el 246%, donde se incluye el seguro, transporte, prestaciones, LPH, vacaciones y alimentación de los empleados. El capital de trabajo tiene un monto aprox. de 288.000 Bolívares en moneda corriente.

- Presupuesto de Ingresos

Para el cálculo de los ingresos se hace necesario determinar las tarifas de los servicios que ofrece la Unidad Móvil para el Servicio Radiológico. El monto de la tarifa de una placa de RX, fue el resultado de un estudio realizado a las empresas privadas y públicas que ofrecen este mismo servicio, además de ser el precio más solidario del mercado. Otro factor importante es el número de placas que puede sacar la maquina en un determinado tiempo, este dato fue proporcionado por Línea Clínica empresa que suministra equipos de RX. Con el presupuesto de ingresos se determinaran la cantidad necesaria de clientes para cubrir los costos de construcción.

La justificación económica representa el índice para conocer los resultados obtenidos con la aplicación de la propuesta, todo esto de manera anticipada a la ejecución de la misma, de tal manera, para determinar la capacidad de generar beneficios a la comunidad y ganancias monetaria, lo cual determina el punto clave para tomar la decisión de invertir o no en la implantación de la Unidad Móvil para prestar el Servicio de Radiología.

Costos asociados con la implementación de la Unidad Móvil.

Los costos en los que se incurren por concepto de esta propuesta, se muestran en las siguientes tablas:



Tabla IV.9 Costo de la partida 1

Material	Especificaciones	Cant.	Costo Unit	Costo Total (Bs)	Total
Tubo Estructural Aluminio	Rec. 80x40x3 mm	36 Kg/mm	14B s/Kg	504,00	
Tubo Estructural Aluminio	Rec. 100x50x5 mm	48 Kg/mm	14 Bs/Kg	672,00	
Tubo Estructural Aluminio	Rec. 120x60x5 mm	125 Kg/mm	14 Bs/Kg	1.750,00	
Tubo Estructural Aluminio	En C. 120x60x6 mm	72 Kg/mm	14 Bs/Kg	1.008,00	
Tubo Estructural Aluminio	En l. 80x60/50x6 mm	24 Kg/mm	14 Bs/Kg	336,00	
Tubo Estructural Aluminio	Cuad. 80x80x5 mm	70 Kg/mm	14 Bs/Kg	980,00	
Electrodo	E4043	30 kg	14,08 Bs/Kg	422,40	5.672,40
Herramienta	Días de uso	Cant.	Costo/día	Costo Total (Bs)	
Grúa	10	1	1.500,00	15.000,00	
Herramienta varias	30	-	60,00	1.800,00	16.800,00
Personal	Días de trabajo	Cant.	Sueldo/día	Costo Total (Bs)	
Supervisor	30	1	120,00	8.856,00	
Soldador	30	1	120,00	8.856,00	
Armador	30	1	90,00	6.642,00	
Ayudante	30	2	80,00	11.808,00	36.162,00
				Total	58.634,40

Fuente: Alreyven C.A. Maracay Edo. Aragua



Tabla IV.10 Costo de la partida 2

Material	Especificaciones	Cant.	Costo Unit	Costo Total (Bs)	Total
Tubo Estructural Acero	Rec. 100x50x5 mm	69 m	24,84 Bs/m	1.713,96	
Tubo Estructural Acero	Rec. 200x70x4,3 mm	39 m	106,52 Bs/m	4.154,28	
Tubo Estructural Acero	Rec. 220x90x4,5 mm	20 m	106,52 Bs/m	2.130,40	
Tubo Estructural Acero	En C. 140x65x5 mm	12 m	50,47 Bs/m	605,64	
Tubo Estructural Acero	En l. 140x66x5,7 mm	18 m	69,78 Bs/m	1.256,04	
Tubo Estructural Acero	Cuad. 80x80x5 mm	52 m	25,03 Bs/m	1.301,56	
Electrodo	E6013	50 kg	6,12 Bs/Kg	306,00	11.467,88
Herramienta	Días de uso	Cant.	Costo/día	Costo Total (Bs)	
Grúa	20	1	2500,00	50000,00	
Herramienta varias	60	-	60,00	3600,00	53600,00
Personal	Días de trabajo	Cant.	Sueldo/día	Costo Total (Bs)	
Supervisor	60	1	120,00	17.712,00	
Soldador	60	2	100,00	29.520,00	
Armador	60	2	90,00	26.568,00	
Ayudante	60	4	80,00	47.232,00	121.032,00
Total					186.099,88

Fuente: Preca C.A., Valencia Edo. Carabobo

Tabla IV.11 Costo de la partida 3

Material	Especificaciones	Cant.	Costo Unit	Costo Total (Bs)	Total
Fibra de Vidrio	densidad 35 Kg./m3, 5 mm de espesor	182	16,05	2.921,10	
Remaches	Ns 810-D	1.000Unid.	0,288 Bs/Unid.	288,00	3.209,10
Herramienta	Días de uso	Cant.	Costo/día	Costo Total (Bs)	
Herramienta varias	15	-	60,00	900,00	900,00
Personal	Días de trabajo	Cant.	Sueldo/día	Costo Total (Bs)	
Supervisor	15	1	120,00	4.428,00	
Instalador	15	2	100,00	7.380,00	
Armador	15	1	90,00	3.321,00	
Ayudante	15	3	80,00	8.856,00	23.985,00
Total					28.094,10

Fuente: Preca C.A., Valencia Edo. Carabobo, Venexray, Caracas



Tabla IV.12 Costo de la partida 4

Material	Especificaciones	Cant.	Costo Unit	Costo Total (Bs)	Total
Plomo	Lamina de 3 mm	33,6	775,00	26.040,00	
Pega de contacto	-	4 Gal	90,00		26.040,00
Herramienta	Días de uso	Cant.	Costo/día	Costo Total (Bs)	
Herramienta varias	5	.	60,00	300,00	300,00
Personal	Días de trabajo	Cant.	Sueldo/día	Costo Total (Bs)	
Supervisor	5	1	120,00	1.476,00	
Instalador	5	1	100,00	1.230,00	
Ayudante	5	2	80,00	1.968,00	4674,00
				Total	26.340,00

Fuente: Construmática, España

Tabla IV.13 Costo de la partida 5

Material	Especificaciones	Cant.	Costo Unit	Costo Total (Bs)	Total
Tablero Eléctrico	12 Circuito C/puerta ticino	1 unid.	163,9 Bs/Unid.	163,92	
Cable	Nº 10	20 m	2,64 Bs/m	52,80	
Cable	Nº 6	44 m	9,73 Bs/m	428,12	
Cable	Nº 12	16 m	1,63 Bs/m	26,08	
Breque	1x20	2 unid.	15,61 Bs/Unid.	31,22	
Breque	2x20	1 unid.	32,12 Bs/Unid.	32,12	
Breque	2x30	1 unid.	46,83 Bs/Unid.	46,83	
Breque	3x150	1 unid.	443,4 Bs/Unid.	443,40	
Toma corriente	Doble universal	8 unid.	12,57 Bs/Unid.	100,56	
Bombillos	65 Watt	8 unid.	13,95 Bs/Unid.	111,60	1.436,65
Herramienta	Días de uso	Cant.	Costo/día	Costo Total (Bs)	
Herramienta varias	15	-	60,00	900,00	900,00
Personal	Días de trabajo	Cant.	Sueldo/día	Costo Total (Bs)	
Supervisor	15	1	120,00	4.428,00	
Electricista	15	2	120,00	8.856,00	
Ayudante	15	2	80,00	5.904,00	19.188,00
				Total	21.524,65

Fuente: Preca C.A., Valencia Edo. Carabobo



Tabla IV.14 Costo de la partida 6

Material	Especificaciones	Cant.	Costo Unit.(Bs)	Costo Total (Bs)	Total
Motor	Eurus 800	1	2.600,00	2.600,00	
Cremallera	800	1	250,00	250,00	
Control de motor	C521	2	60,00	120,00	
Rodamiento Rígido de bola	6209	8	30,00	240,00	3.210,00
Herramienta	Días de uso	Cant.	Costo/día	Costo Total (Bs)	
Grúa	8	1	2.500,00	20.000,00	
Herramienta varias	15	-	60,00	900,00	20.900,00
Personal	Días de trabajo	Cant.	Sueldo/día	Costo Total (Bs)	
Supervisor	15	1	120,00	4.428,00	
Instalador	15	2	100,00	7.380,00	
Ayudante	15	3	60,00	6.642,00	18.450,00
Total					42.560,00

Fuente: Sovica C.A. Valencia, Rovalca,

Tabla IV.15 Costo de la partida 7

Material	Especificaciones	Cant.	Costo Unit.(Bs)	Costo Total (Bs)	Total
Equipo de Rayos X	Conrad	1	130.000,00	130.000,00	
Computador	HP	1	6000,00	6.000,00	
Impresora y Scanner	iFilm Creador y iCR1000	1	193.500,00	193.500,00	329.500,00
Herramienta	Días de uso	Cant.	Costo/día	Costo Total (Bs)	
Herramienta varias	5	-	60,00	300,00	300,00
Personal	Días de trabajo	Cant.	Sueldo/día	Costo Total (Bs)	
Supervisor	5	1	120,00	1.476,00	
Instalador	5	1	100,00	1.230,00	
Ayudante	5	2	80,00	1.968,00	4.674,00
Total					334.474,00

Fuente: Línea Clínica C.A. y PC Actual, Valencia Edo. Carabobo



Tabla IV.16 Costo de la partida 8

Material	Especificaciones	Cant.	Costo Unit.(Bs)	Costo Total (Bs)	Total
Baño	Químico	1	4.650,00	4.650,00	
Camilla	Altura Variable	1	5.971,00	5.971,00	
Aire acondicionado	18000btu, LG	1	3.435,00	3.435,00	
Extintor	SAE 70	2	280,00	560,00	
lámpara de emergencia	2 x 9 Ultra	3	170,00	510,00	
Cámara y monitor	WJ-700	1	1.500,00	1.500,00	16.626,00
Herramienta	Días de uso	Cant.	Costo/día	Costo Total (Bs)	
Herramienta varias	15	-	60,00	900,00	900,00
Personal	Días de trabajo	Cant.	Sueldo/día	Costo Total (Bs)	
Supervisor	15	1	120,00	4.428,00	
Instalador	15	2	100,00	7.380,00	
Ayudante	15	2	80,00	5.904,00	17.712,00
				Total	35.238,00

Fuente: Sovica C.A. Valencia, Línea Clínica y Samira, Conti, Colombia.

Tabla 17 Costo de la partida 9

Material	Especificaciones	Cant.	Costo Unit.(Bs)	Costo Total (Bs)	Total
Puerta corrediza	Plomada de 3 mm	1	7.200,00	7.200,00	
Puerta Principal	Batiente	1	1.600,00	1.600,00	
Puerta de emergencia	cerradura antipático	1	1.600,00	1.600,00	10.400,00
Herramienta	Días de uso	Cant.	Costo/día	Costo Total (Bs)	
Herramienta varias	7	-	60,00	420,00	420,00
Personal	Días de trabajo	Cant.	Sueldo/día	Costo Total (Bs)	
Supervisor	7	1	120,00	2.066,40	
Instalador	7	2	100,00	3.444,00	
Ayudante	7	2	80,00	2.755,20	8.265,60
				Total	19.085,60

Fuente: Aliderca C.A. Caracas.



Tabla IV.18 Costo de la partida 10

Material	Especificaciones	Cant.	Costo Unit.(Bs)	Costo Total (Bs)	Total
Caucho	12,00R20	2	2.800,00	5.600,00	
Suspensión	Tráiler	1	12.000,00	12.000,00	
Tubo Estructural Acero	Rec. 220x90x4,5mm	16m	106,52 Bs/m	1.704,32	
Lamina de Acero	Espesor: 38mm	10m ²	50 Bs/m ²	500,00	
Tornillos	2-4.5 UNC-2 ^a	8Unid.	50 Bs/Unid.	400,00	
Electrodo	E6013	15kg	6,12 Bs/Kg	91,80	2.0296,12
Herramienta	Días de uso	Cant.	Costo/día	Costo Total (Bs)	
Grúa	10	1	2.000,00	20.000,00	
Herramienta varias	30	-	60,00	1.800,00	21.800,00
Personal	Días de trabajo	Cant.	Sueldo/día	Costo Total (Bs)	
Supervisor	30	1	120,00	8.856,00	
Soldador	30	1	100,00	7.380,00	
Armador	30	1	90,00	6.642,00	
Ayudante	30	2	80,00	11.808,00	34.686,00
				Total	76.782,12

Fuente: Preca C.A., Valencia Edo. Carabobo Cauchomania y Hendrickson International Corporation

Tabla IV.19 Costo total de las partidas

PARTIDAS	TOTALES
P.1.- Estructura para la extensión de la unidad móvil	58.634,40
P.2.- Estructura fija de la unidad móvil	186.099,88
P.3.- Recubrimiento de la unidad móvil de RX	28.094,10
P.4.- Blindaje para la unidad móvil de RX	26.340,00
P.5.- Acometida eléctrica de la unidad móvil de RX	21.524,65
P.6.- Mecanismo y guías de acoples para la extensión	42.560,00
P.7.- Instalación de equipos de RX	334.474,00
P.8.- Equipos de oficina y accesorios para la unidad móvil	35.238,00
P.9.- Instalación de puertas para la unidad móvil de RX	19.085,60
P.10.- Cuerpo bajo para la unidad móvil de RX	76.782,12
SUB TOTAL	828.832,75
GASTOS ADMINISTRATIVOS 10%	828.83,275
TOTAL	911.716,03



Como indicador de cálculo se tiene el Punto de Equilibrio (PE), el cual corresponde al volumen de producción que se debe lograr de manera que los costos totales en ese punto se correspondan con los ingresos por ventas; es decir, el beneficio de la empresa es nulo en dicho punto (no hay ganancias ni pérdidas). En el punto de equilibrio se recuperan los costos.

$$PE = \frac{\text{CostoTotal (Bs)}}{\text{CostoPlaca (Bs / placa)}} \quad \text{Ec.IV.59}$$

$$PE = 11396 \text{ Placas}$$

Para recuperar la inversión de la Unidad Móvil para el servicio radiológico, se deben realizar 11.396 placas, a continuación se muestra una tabla que contiene los días y meses que se deben laborar para recobrar la inversión inicial dependiendo del porcentaje de horas que se trabajen al día.

Para la realizar esta tabla se establece que:

- La jornada laboral diaria es de 8 horas
- La maquina puede ser capaz de tomar 24 placas por día, lo que corresponde a un tiempo por radiografía de 20 min.
- El costo de una placa de RX es de 80 Bs
- Los días laborales del mes son 22 días

Para un 50% de horas laboradas al día se tiene que:

$$\frac{\text{Placas}}{\text{día}} = 0.5 \times 24 \frac{\text{Placas}}{\text{día}} = 12 \frac{\text{Placas}}{\text{día}} \quad \text{Ec.IV.60}$$

$$\text{MesesLaborados} = \frac{PE(\text{Placas})}{12 \text{ placas / días}} \times \frac{1 \text{ mes}}{22 \text{ días}} = 44 \text{ meses} \quad \text{Ec.IV.61}$$

En la siguiente tabla se puede observar los meses que se tiene que laborar dependiendo del porcentaje de horas laboradas al día



Tabla IV.20. Tiempo para recuperar costos

Porcentaje de horas Laboradas al día	Placas/día	Días Laborados	Meses Laborados
50%	12	950	44
75%	18	634	29
100%	24	475	22

Este análisis de costos indica que si la unidad de RX trabaja a un 50% de su capacidad, los costos de inversión se recuperan en un periodo aproximado de 3 años y medio.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1 Conclusiones

En el desarrollo del trabajo de investigación ha sido posible diseñar una Unidad Móvil para prestar el servicio radiológico, adicionalmente Se diseñó una extensión lateral a la unidad móvil ya que el espacio dentro de la cabina de RX era muy reducido y no permitía circular dentro de la misma. Dicha extensión se realizó siguiendo las exigencias que especifica la ley de tránsito terrestre para vehículos de carga.

Con la fabricación de unidades móviles para prestar el servicio de RX se propone un cambio de estrategia en el modelo de asistencia médica, gracias a la movilidad de estos equipos se puede dar este servicio a un alto porcentaje de la población cuya situación global, social y económica, no les permite el fácil acceso a los centros que realizan exámenes de este tipo.



El diseño de la unidad móvil permite que la misma sea trasladada por cualquier vehículo de carga, para no tener limitaciones de vehículos al momento de necesitar la unidad.

El diseño de acoples para transformar la unidad móvil en un vehículo de cuerpo bajo permite mayor facilidad de acceso a la misma.

En el desarrollo de este proyecto se garantiza que es posible fabricar unidades móviles para realizar exámenes de RX, siempre que cumpla con los requisitos que regulan el funcionamiento de equipos de imagenología descritos en la norma COVENIN.

El costo de la unidad es de aproximadamente Bs.F.900.000, siendo este menor al de un contenedor de seis metros, donde el 30% está representado por el valor de los equipos de RX y el 10% del mismo por las bases del cuerpo bajo, las cuales se pueden excluir para disminuir el precio de la unidad móvil.

V.2 Recomendaciones

Elaborar un instructivo de operación actualizado de los equipos que incluya las condiciones de funcionamiento del sistema diseñado, así como los posibles riesgos físicos y ambientales que se producen con la utilización.

Diseñar una plataforma acoplada a la unidad móvil que permita subir y bajar camillas o sillas de ruedas, cuando no se usen las bases del cuerpo bajo.

Realizar un estudio más detallado en cuanto a las características de la planta eléctrica requerida por la unidad.



Para el servicio de la unidad de radiología en zonas rurales con deficiencias de suministro de energía eléctrica se recomienda trasladar una planta eléctrica capsulada (anti ruido), de 75 KVA, 60 KW, 120/208 voltios, con autonomía 8 horas en plena carga.

El mantenimiento periódico debe ser realizado por personal capacitado para evitar daños y/o mal funcionamiento de los componentes de la unidad.

Al momento de la fabricación, si se desea modificar alguna característica de los elementos que componen la estructura como forma, dimensión, material, entre otros., se recomienda hacer los análisis de estructura ya que estos cambios podrían afectar el diseño de la unidad.

CAPITULO V

REFERENCIAS

[LOPCYMAT, 2005]

Asamblea nacional de la República Bolivariana de Venezuela. (2005).
Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.
Artículo 119, Gaceta N°38.236

[Chávarri y Lloret, 2005]

Chávarri Díaz. M., Servicio de Radiodiagnóstico de Adultos. Hospital Universitario La Fe. Departamento de Informática. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Valencia

[Covenin 2000:218-1]

Norma venezolana. Protección contra las radiaciones ionizantes provenientes de las fuentes externas usadas en medicina.
Parte 1: radiodiagnóstico medico y odontológico.

[Línea Clínica C. A., 2001]

Línea Clínica C. A., Elementos básicos de la radiología. Venezuela



- Madrigal de Torres M.**, (1996). Programa de detección precoz de cáncer de mama de la Región de Murcia: Eficacia de una unidad de mamografía. Universidad de Murcia, España.
- Rudas Alarcón, M. A.**, La Telemedicina y sus Aplicaciones Dpto. Supervisión y Control. C.V.G. EDELCA. Caracas 1060. Venezuela.
- Martínez. C., Polanco. S., Naranjo. G., Del Llano S. y C. Gómez.** (2005). Valoración Económica de la Mamografía Digital vs Convencional. Servicio de Radiología del Hospital Doce de Octubre; Fundación Gaspar Casal; Hospital de Fuenlabrada.
- Lloret Lloréis. R. M.** Servicio de Radiodiagnóstico de Adultos. Hospital Universitario La Fe. Departamento de Medicina. Facultad de Medicina. Universidad de Valencia. DIÁGNOSTICO POR LA IMAGEN
- Pisón. I. y S. Klisich.** Seguridad en la Sala de Radiología. Servicio de Imagenología, Facultad de Veterinaria, UDELAR.
- Russo, G.** (2009) Entrevista personal. Prof. Russo Giovanni, Cátedra de Estructura. Escuela de Ing. Civil. Universidad de Carabobo.
- Urbano, O.** (2009) Entrevista personal. Prof. Russo Giovanni, Cátedra de Estructura. Escuela de Ing. Civil. Universidad de Carabobo.
- Beer, F. P.; Johnston, R. y R. Elliot.**, (2004). Mecánica Vectorial para Ingenieros. México. McGraw-Hill. 7ª edición.
- Hernandez, C.** (2009) Entrevista personal. Bombero Hernandez Carlos del Estado Carabobo
- Hernández, M.**, (1991). El Hierro en la Construcción. España. Ceac. 15ª edición.
- León, R.** (2009) Entrevista personal. Dra. León Raiza, Internista. Hospital central del Carabobo.
- Mott, R. L.**, (1996). Resistencia de Materiales Aplicada. México. Pentrice Hall hispanoamericana S.A. 3ª edición
- Norton R. L.**, (1999). Diseño de Maquinas. México. Prentice Hall hispanoamericana S.A.



Shigley J. E. y M. Charles., (2002). Diseño en Ingeniería Mecánica. México. McGraw-Hill. 6^a edición.

Singer F. L. (1994). Resistencia de Materiales. Oxford University Press. 4^a edición.

APÉNDICE

PROPIEDADES TÍPICAS DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO

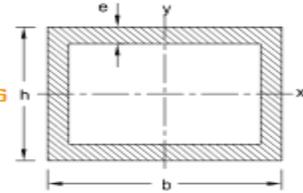


Aleación Normas A.A.	Aleación Normas ALU-STOCK	ESTADO	Carga de rotura Rm N / mm ²	Límite elástico Rp 0,2 N / mm ²	Alargamiento A 5,65%	Límite de fatiga N / mm ²	Dureza Brinell HB
6063	Simagaltok 63	0	80	35	42	50	21
6063	Simagaltok 63	H2	100	85	12	-	30
6063	Simagaltok 63	H4	115	105	10	70	35
6063	Simagaltok 63	H6	130	120	7	-	39
6063	Simagaltok 63	H8	150	140	6	100	43
6063	Simagaltok 63	H9	180	170	-	-	48

Apéndice 1. Propiedades del tubo estructural de aluminio



TUBOS RECTANGULARES EXTRUIDOS

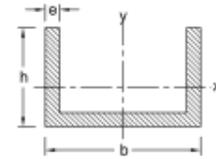


b x h mm.	e mm.	Peso Kgm	Mlx cm ⁴	Mly cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	Simag altok 63,60 6063,6060	Simag altok 82 6082
80 x 40	3,00	1,937	18,429	55,853	9,215	13,963	□	—
80 x 40	4,00	2,540	23,006	71,134	11,503	17,783	□	—
80 x 40	5,00	3,119	26,917	84,917	13,458	21,229	□	—
80 x 60	2,00	1,542	32,777	51,145	10,926	12,786	□	—
80 x 60	4,00	2,994	59,635	94,259	19,878	23,565	□	—
100 x 50	2,00	1,656	77,518	135,582	10,519	15,504	□	—
100 x 50	2,50	2,055	95,151	255,198	12,810	19,030	□	—
100 x 50	3,00	2,449	112,120	309,417	14,976	22,424	□	—
100 x 50	4,00	3,221	144,126	360,115	18,946	28,825	□	—
100 x 50	5,00	3,965	247,132	438,163	22,467	34,733	□	—
100 x 50	6,00	4,691	301,342	579,881	25,571	40,173	□	—
100 x 50	8,00	6,073	332,919	652,000	30,662	49,747	□	—
100 x 60	2,00	1,767	87,123	449,353	13,169	17,425	□	—
100 x 60	4,00	3,447	162,596	200,867	24,067	32,514	□	—
120 x 50	2,00	1,882	30,909	121,657	12,363	20,276	□	—
120 x 50	3,00	2,787	44,075	176,767	17,630	29,461	□	—
120 x 50	4,00	3,674	55,851	169,454	22,340	38,046	□	—
120 x 60	2,00	1,996	46,238	191,359	15,413	22,597	□	—
120 x 60	4,00	3,901	84,766	236,016	28,255	42,533	□	—
120 x 60	5,00	4,815	101,417	311,389	33,806	51,569	□	—
120 x 60	6,00	5,710	116,467	404,099	38,822	60,019	□	—
120 x 80	3,00	3,300	127,037	228,275	31,759	39,730	□	—
120 x 80	6,00	6,396	229,011	238,381	57,253	73,027	□	—
120 x 80	10,00	10,197	332,000	248,734	83,000	108,667	—	□

Apéndice 2. Tubo estructural rectangular de aluminio



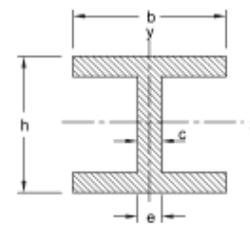
■ PERFILES EN FORMA DE “U”



b x h mm.	e mm.	Peso Kgm	Mlx cm ⁴	Mly cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	Simag altok 63/60 6063,6060	Simag altok 82 6082
120 x 30	2,00	0,998	59,635	67,791	1,015	11,298	U	—
120 x 60	6,00	5,710	279,520	360,115	38,822	60,019	U	—
125 x 63	6,00	4,065	311,389	340,015	12,060	54,402	U	—
130 x 50	8,00	4,708	332,000	396,876	9,934	61,058	U	U
135 x 25	2,00	1,026	18,429	81,694	0,714	12,103	U	—
140 x 60	8,00	5,529	332,919	545,796	14,419	77,971	U	U
150 x 50	5,00	3,402	162,195	377,250	6,643	50,300	U	—
150 x 75	10,00/13,00	9,031	404,099	1.025,493	31,157	136,725	U	U
152,4 x 76,2	6,35/9,53	6,504	125,724	800,299	23,185	105,026	U	U
152,4 x 76,2	9,53/12,70	8,904	166,092	1.051,371	31,284	137,975	U	U
160 x 80	10,00	8,505	177,967	1.130,000	31,592	141,250	U	U
177,8 x 63,5	6,35	5,258	64,670	831,054	13,501	93,482	U	U
200 x 75	14,00	12,780	206,720	2.413,372	38,430	241,337	U	—
200 x 100	12,00	12,780	420,025	2.668,698	59,497	266,870	U	U
203,2 x 58,2	6,35	5,525	52,106	1.082,117	11,530	106,508	U	U
203,2 x 76,2	7,90/12,70	9,791	170,647	1.985,828	30,442	195,456	U	U
254 x 76,2	6,35	7,081	119,688	2.227,597	20,114	175,401	U	U
300 x 125	6/8	10,114	588,999	5.490,646	65,301	366,043	U	U
300 x 125	10,00	15,012	764,529	7.087,667	82,316	472,511	U	U

Apéndice 3. Tubo estructural en forma de U de aluminio

■ PERFILES EN FORMA DE “DOBLE T”



b x h mm.	e mm.	Peso Kgm	Mlx cm ⁴	Mly cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	Simag altok 63/60 6063,6060	Simag altok 82 6082	Simag altok 05 6005
25 x 46	2,50	0,793	21,229	10,197	2,472	1,764	I	—	—
82 x 46,5	3,00	1,436	95,151	23,185	13,299	2,170	I	—	—
80 x 60/50	6,00	3,025	294,011	112,120	26,568	6,095	—	I	—

Apéndice 4. Tubo estructural doble U de aluminio



MATERIAL Y ALEACIONES	PROPIEDADES MECÁNICAS					PROPIEDADES FÍSICAS			
	Características a la tracción			Resist. a la cizalladura	Módulo elástico	Peso específico	Coefic. de dilatac. a 100°C	Conductividad	
	Rm	Rp 0,2	A 5,56					Térmica	Eléctrica
	N / mm ²	N / mm ²	%	N / mm ²	N / mm ²	g / cm ³	10 ⁶ /K	W / m °C	% IACS
ALUMINIO Y ALEACIONES									
6063 - T6	120	100	11	75	69.000	2,70	23,6	231	61,6
2017 - T4	90	-	40	65	69.000	2,71	24,3	222	59,5
2024 - T4	115	-	40	75	69.000	2,73	23,9	180	50
7020 - T6	220	190	7	110	69.000	2,73	23,9	154	40
7075 - T6	220	190	23	130	71.000	2,66	23,8	125	35,3

Apéndice 5. Propiedades Mecánicas y físicas del tubo estructural de aluminio

B x h mm	e mm	Peso Kgm	Mlx cm ⁴	Wx cm ³	Simag altok 63 6063,6060	Simag altok 82 6082
80 x 80	2,00	1,769	63,315	15,829	□	—
80 x 80	3,00	2,617	91,445	22,861	□	■
80 x 80	4,00	3,447	117,385	29,346	□	■
80 x 80	5,00	4,269	141,250	35,313	□	■
80 x 80	8,00	6,532	201,523	50,381	□	■
90 x 90	2,00	1,994	90,910	20,202	■	—
100 x 100	2,00	2,223	125,545	25,109	□	—
100 x 100	2,50	2,764	154,578	30,916	□	—
100 x 100	4,00	4,355	236,339	47,268	□	■
100 x 100	5,00	5,387	286,583	57,317	□	■
100 x 100	10,00	10,197	492,000	98,400	□	■
120 x 120	2,00	2,676	219,134	36,522	□	—
120 x 120	2,50	3,331	270,495	45,082	□	—
120 x 120	4,00	5,262	416,734	69,456	□	—
120 x 120	5,00	6,521	507,917	84,653	□	—
135 x 135	3,00	4,487	460,231	68,182	□	—
150 x 150	2,50	4,056	534,995	71,333	□	—
150 x 150	3,00	5,001	635,570	84,743	□	—
150 x 150	4,00	6,623	830,526	110,737	□	—
150 x 150	5,00	8,222	1.017,417	135,656	□	—
150 x 150	8,00	12,882	1.531,934	204,258	□	—
150 x 150	10,00	15,862	1.838,667	245,156	■	—
200 x 200	8,00	12,496	1.531,93	204,258	□	—
205 x 205	4,00	9,109	2.166,351	211,351	□	—
250 x 250	6,00	16,104	5.814,227	465,138	□	—
250 x 250	10,00	27,200	9.232,000	738,560	□	—

Apéndice 6. Tubo estructural cuadrado de aluminio



TABLA 4-7 Factores de longitud efectiva, según la condición terminal de la columna

Condiciones terminales	Valor teórico	Recomendado por AISC*	Valor conservador
Redonda-redonda	$l_{eff} = l$	$l_{eff} = l$	$l_{eff} = l$
Articulada-articulada	$l_{eff} = l$	$l_{eff} = l$	$l_{eff} = l$
Fija-libre	$l_{eff} = 2l$	$l_{eff} = 2.1l$	$l_{eff} = 2.4l$
Fija-articulada	$l_{eff} = 0.707l$	$l_{eff} = 0.80l$	$l_{eff} = l$
Fija-fija	$l_{eff} = 0.5l$	$l_{eff} = 0.65l$	$l_{eff} = l$

Apéndice 7. Factores de Longitud Efectiva para la columna

Norma EN 10219 Grado del Acero	Propiedades Mecánicas (mínimas)						
	Límite de Fluencia		Resistencia a la Tracción Espesor ≤ 3 mm		Resistencia a la Tracción Espesor > 3 mm		% Elong
	MPa	psi	MPa	psi	Mpa	psi	
S235	235	34,000	360 a 510	52,000 a 74,000	340 a 470	50,000 a 68,000	24
S275	275	40,000	430 a 580	62,000 a 84,000	410 a 560	59,000 a 81,000	20
S355	355	51,000	510 a 680	74,000 a 99,000	490 a 630	71,000 a 91,000	20

Apéndice 8. Propiedades mecánicas del tubo estructural de acero

Designación Comercial	Espesor	Radio	Sección	Peso	Propiedades Estáticas								Grados	
					H x B DN (")	e mm	R mm	A cm ²	P Kg/m	I _x cm ⁴	S _x cm ³	Z _x cm ³	r _x cm	I _y cm ⁴
80 x 40	2,25	6,75	5,02	3,94	40,61	10,15	12,72	2,84	13,84	6,92	7,87	1,66	C	AyB
100 x 40	2,25	6,75	5,92	4,65	71,37	14,27	18,19	3,47	17,05	8,53	9,57	1,70	C	AyB
100 x 50	5,00	15,00	13,14	10,32	152,77	30,55	39,76	3,41	51,11	20,44	24,41	1,97	C	AyB
140 x 60	3,00	9,00	11,33	8,89	274,27	39,18	43,44	4,92	73,46	24,49	27,40	2,55	C	AyB
160 x 65	3,40	10,20	14,44	11,34	449,65	56,21	71,35	5,58	110,41	33,97	38,00	2,77	C	AyB
180 x 65	4,00	12,00	18,41	14,45	697,99	77,55	100,01	6,16	140,88	43,35	48,66	2,77	C	AyB
200 x 70	4,30	12,90	21,85	17,15	1.016,19	141,31	131,35	6,82	194,94	55,70	62,42	2,99	C	AyB
220 x 90	4,50	13,50	26,39	20,72	1.561,83	200,98	179,84	7,69	388,34	86,30	96,32	3,84	C	AyB
260 x 90	5,50	16,50	36,25	28,46	2.844,82	218,83	283,05	8,86	536,10	119,13	133,39	3,85	C	AyB
300 x 100	5,50	16,50	41,75	32,77	4.368,42	291,09	376,15	10,23	777,00	155,40	172,58	4,31	C	AyB
300 x 100	7,00	21,00	52,36	41,10	5.360,46	357,36	468,29	10,12	943,61	188,72	212,92	4,25	C	AyB
320 x 120	7,00	21,00	57,96	45,50	7.032,23	439,51	563,87	11,02	1.512,24	252,04	282,49	5,11	C	AyB
320 x 120	9,00	27,00	73,18	57,45	8.654,16	540,89	702,10	10,87	1.841,31	306,88	350,11	5,02	C	AyB
350 x 170	9,00	27,00	87,58	68,75	13.546,10	774,06	969,37	12,44	4.418,30	519,80	587,78	7,10	C	AyB
350 x 170	11,00	33,00	105,41	82,74	15.968,43	912,37	1.153,49	12,31	5.179,04	609,30	697,86	7,01	C	AyB

Apéndice 9. Tubo estructural rectangular de acero

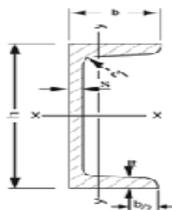


TABLA VIGAS U

UPEL	Dimensiones (mm)				Área cm ²	Peso Kg/m	Momento de Inercia		Módulo Resistente		Radio de Giro	
	h	b	s	t			cm ⁴ I _x	cm ⁴ I _y	cm ³ W _x	cm ³ W _y	cm I _x	cm I _y
UPE 80	80	50	4,0	7,0	10,1	7,90	107	25,4	26,8	7,98	3,26	1,59
UPE 100	100	55	4,5	7,5	12,5	9,82	207	38,2	41,4	10,6	4,07	1,75
UPE 120	120	60	5,0	8,0	15,4	12,1	364	55,4	60,6	13,8	4,86	1,90
UPE 140	140	65	5,0	9,0	18,4	14,5	599	78,7	85,6	18,2	5,71	2,07
UPE 160	160	70	5,5	9,5	21,7	17,0	911	107	114	22,6	6,48	2,22
UPE 180	180	75	5,5	10,5	25,1	19,7	1.353	144	150	28,6	7,34	2,39
UPE 200	200	80	6,0	11,0	29,0	22,8	1.909	187	191	34,4	8,11	2,54
UPE 220	220	85	6,5	12,0	33,9	26,6	2.682	246	244	42,5	8,90	2,70
UPE 240	240	90	7,0	12,5	38,5	30,2	3.599	311	300	50,1	9,67	2,84
UPE 270	270	95	7,5	13,5	44,8	35,2	5.255	401	389	60,7	10,8	2,99
UPE 300	300	100	9,5	15,0	56,6	44,4	7.823	538	522	75,6	11,8	3,08
UPE 330	330	105	11,0	16,0	67,8	53,2	11.008	681	667	89,7	12,7	3,17
UPE 360	360	110	12,0	17,0	77,9	61,2	14.825	844	824	105	13,8	3,29
UPE 400	400	115	13,5	18,0	91,9	72,2	20.981	1.045	1.049	123	15,1	3,37

Apéndice 10. Tubo estructural en U de Acero

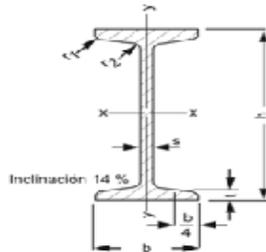
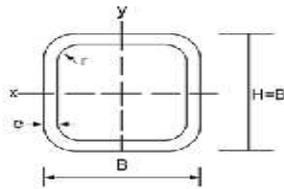


TABLA VIGAS IPN NACIONALES

IPH	Dimensiones (mm)						Área cm ²	Peso Kg/m	Momento respecto a los ejes					
	h	b	s	t	r1	r2			EJE X-X			EJE Y-Y		
									Ix cm ⁴	Sx cm ³	Rx cm	Iy cm ⁴	Sy cm ³	Ry cm
60	60	34	3.6	5.3	3.6	*	5.35	4.20	30.4	10.1	2.38	3.04	1.79	0.75
80	80	42	4.2	5.9	3.9	2.3	7.77	6.10	78.40	19.6	3.18	6.29	2.99	0.90
100	100	50	4.5	6.8	4.5	2.7	10.60	8.34	170.00	34.1	4.0	12.1	4.86	1.07
120	120	58	5.1	7.7	5.1	3.1	14.20	11.10	327.00	54.5	4.8	21.4	7.38	1.23
140	140	66	5.7	8.6	5.7	3.4	18.20	14.30	572.00	81.8	5.6	35.1	10.6	1.39

Apéndice 11. Tubo estructural doble U de Acero



Cuadrada

Designación Comercial	Espesor	Radio	Sección	Peso	Propiedades Estáticas				Grados
H x B DN (")	e m	R mm	A cm ²	P Kg/m	Ix = Iy cm ⁴	Sx = Sy cm ³	Zx = Zy cm ²	rx = ry cm	Grado Serie Tubos Estructurales Estándar (*)
25 x 25	2,00	6,00	1,70	1,34	1,43	1,14	1,42	0,92	S 235, S 275 y S 355
25 x 25	2,50	7,50	2,04	1,60	1,61	1,26	1,54	0,89	S 235 y S 275
25 x 25	3,00	9,00	2,33	1,83	1,72	1,38	1,62	0,86	S 235 y S 275
40 x 40	2,00	6,00	2,90	2,28	6,80	3,40	4,06	1,53	S 235, S 275 y S 355
40 x 40	2,50	7,50	3,54	2,78	8,00	4,00	4,86	1,50	S 235, S 275 y S 355
40 x 40	3,00	9,00	4,13	3,24	9,01	4,51	5,57	1,48	S 235, S 275 y S 355
50 x 50	2,00	6,00	3,70	2,91	13,93	5,57	6,58	1,94	S 235, S 275 y S 355
50 x 50	2,50	7,50	4,54	3,58	16,61	6,84	7,94	1,91	S 235, S 275 y S 355
50 x 50	3,00	9,00	5,33	4,18	18,99	7,59	9,19	1,89	S 235, S 275 y S 355
50 x 50	4,00	12,00	6,81	5,35	22,87	9,15	11,38	1,83	S 235, S 275 y S 355
60 x 60	2,00	6,00	4,50	3,53	24,83	8,28	9,69	2,35	S 235, S 275 y S 355
60 x 60	3,00	9,00	6,53	5,13	34,43	11,48	13,72	2,30	S 235, S 275 y S 355
60 x 60	4,00	12,00	8,41	6,80	42,30	14,10	17,23	2,24	S 235, S 275 y S 355
70 x 70	2,00	6,00	5,30	4,16	40,30	11,52	13,40	2,76	S 235, S 275 y S 355
70 x 70	3,00	9,00	7,73	6,07	56,57	16,16	19,14	2,71	S 235, S 275 y S 355
70 x 70	4,00	12,00	10,01	7,86	70,42	20,12	24,27	2,65	S 235, S 275 y S 355
80 x 80	3,00	9,00	8,93	7,01	86,60	21,65	25,47	3,11	S 235, S 275 y S 355
80 x 80	3,00	9,00	8,93	7,01	86,60	21,65	25,47	3,11	S 235, S 275 y S 355
80 x 80	5,00	15,00	14,14	11,10	127,98	31,99	38,87	3,01	S 235, S 275 y S 355
90 x 90	3,00	9,00	10,13	7,95	125,71	27,99	32,69	3,52	S 235, S 275 y S 355
100 x 100	3,00	9,00	11,33	8,89	175,10	35,02	40,82	3,93	S 235, S 275 y S 355
120 x 120	3,00	9,00	13,73	10,78	309,55	51,59	59,77	4,75	S 235, S 275 y S 355



Apéndice 12. Tubo estructural cuadrado de Acero

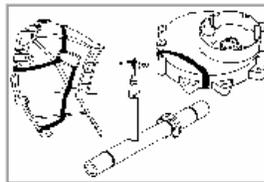
TABLA C-1 Propiedades físicas de algunos materiales de ingeniería
 Datos provenientes de varias fuentes. * Estas propiedades son esencialmente similares para todas las aleaciones del material específico

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Razón de Poisson v	Peso específico γ lb/in ³	Densidad de masa ρ Mg/m ³	Gravedad específica
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa				
Aleación de aluminio	10.4	71.7	3.9	26.8	0.34	0.10	2.8	2.8
Cobre al berilio	18.5	127.6	7.2	49.4	0.29	0.30	8.3	8.3
Latón, bronce	16.0	110.3	6.0	41.5	0.33	0.31	8.6	8.6
Cobre	17.5	120.7	6.5	44.7	0.35	0.32	8.9	8.9
Hierro fundido gris	15.0	103.4	5.9	40.4	0.28	0.26	7.2	7.2
Hierro fundido dúctil	24.5	168.9	9.4	65.0	0.30	0.25	6.9	6.9
Hierro fundido maleable	25.0	172.4	9.6	66.3	0.30	0.26	7.3	7.3
Aleaciones de magnesio	6.5	44.8	2.4	16.8	0.33	0.07	1.8	1.8
Aleaciones de níquel	30.0	206.8	11.5	79.6	0.30	0.30	8.3	8.3
Acero al carbono	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Aleaciones de acero	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Acero inoxidable	27.5	189.6	10.7	74.1	0.28	0.28	7.8	7.8
Aleaciones de titanio	16.5	113.8	6.2	42.4	0.34	0.16	4.4	4.4
Aleaciones de zinc	12.0	82.7	4.5	31.1	0.33	0.24	6.6	6.6

* Properties of Some Metals and Alloys, International Nickel Co., N.Y., Metals Handbook, American Society for Metals, Materials Park, Ohio.

Apéndice 13. Propiedades físicas del acero

Electrodos para Soldaduras de Aleaciones no Ferrosas



NORMA
 AWS/ ASME: SFA- 5.3
POSICIONES: Plana, horizontal, vertical ascendente.
CORRIENTE: Continua Polo Positivo (+)

CLASIFICACIÓN
E 4043

DESCRIPCION:
 Electrodo de aluminio con revestimiento especialmente diseñado para permitir la soldadura con arco eléctrico o con llama oxiacetilénica. Los elementos activos del revestimiento, aportan las sustancias necesarias para prescindir de fundentes adicionales. Con arco eléctrico sus depósitos son densos, sin poros y de excelente aspecto. Su arco presenta transferencia en gotas finas con chisporroteo casi nulo.

APLICACIONES:
 Soldadura de aleaciones aluminio-silicio, de uso general en aleaciones que contengan menos de 5% Mg y menos de 2% Cu. Para soldar aluminio de los tipos Al puro, Al-Mn, Al-Si, Al-Mg, Al-Mg-Si y Al-Zn entre sí y combinaciones. Construcción de tanques, estructuras, recipientes y tuberías con presión interna para usos de la industria de alimentos y de productos químicos. Construcciones marinas en general, fabricación de lanchas. Útil en la reparación de fundición de aluminio, cuerpos y componentes de bombas, carcasas de motores eléctricos, carcasas de cajas de transmisión, bloques de motores y pistones.

Composición química: Al: 95% aprox. Si: 5.0% aprox.
Resistencia a la tracción: (100 - 160) N/mm² (14 - 23 Ksi)
Alargamiento (L= 5d): (15 - 25)%

Apéndice 14. Características del Electrodo Seleccionado de aluminio



UTP 611

Norma : AWS A 5.1 ~ E 6013
EN490 E 38 0 RR 12

Electrodo con revestimiento ácido para construcciones metálicas.

Campo de aplicación

UTP 611 es un electrodo de revestimiento relativamente grueso para soldaduras de unión y revestimiento en construcciones metálicas generales para máquinas, vagones, carrocerías, depósitos, recipientes, construcción naval, aceros estructurales, tuberías, etc. Por el aspecto impecable de sus depósitos, se utiliza con éxito donde se requieren cordones finales de vista.

UTP 611 se aplica ventajosamente en los aceros indicados a continuación:

ASTM	Material de base	DIN
A 94/A201 Gr	aceros estructurales	ST 34 - ST 52
A 201 GrA/GrB	aceros de recipientes	HI hasta HIII
A 108 GrA/GrB	aceros de tubería	ST 35, ST 35.4,
A 120		ST 35.8, ST 45.8

Recomendable para soldar lámina delgada. El depósito puede galvanizarse y esmaltarse

Características de la soldadura

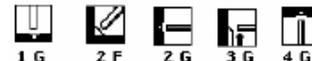
UTP 611 se usa en todas las posiciones, excepto la vertical descendente. Tiene una soldabilidad excepcional, fácil de encender y reencender, con una transferencia de metal por el arco muy suave, sin pérdidas sin salpicaduras y sin socavaciones. La escoria se quita sola al enfriarse. La superficie del cordón es lisa y suave. El electrodo se puede soldar con una gama de intensidades de corriente relativamente grande.

Propiedades mecánicas del depósito.

Resistencia a la Tracción MPa	Alargamiento %	Límite de elasticidad MPa (0.2%)
>510	>22	>380

Instrucciones para soldar

UTP 611 debe soldarse con arco corto y ligera oscilación. Puede aplicarse también como electrodo de contacto con el metal base, inclinado en la dirección de avance. La posición del electrodo debe ser siempre ligeramente inclinada con respecto al material base.



Posición de soldaduras

Apéndice 15 .Características del Electrodo Seleccionado para el acero

Rodamientos FAG rígidos de bolas
con una hilera

Eje	Dimensiones								Cap. carga		Núm. límite de revoluciones		Denominación abreviada		Peso kg
	d	D	B	r _s	D _s	r _e	B _e	r _e	din. C	estát. C ₀	Grasa	Acople	Rodamiento	Anillo estát. FAG	
	45	75	16	1					20	14,3	9000	11000	6009		0,231
	45	75	16	1					20	14,3	9000	11000	6009.C3		0,231
	45	75	16	1	71,83	2,49	1,9	0,6	20	14,3	9000	11000	6009N	SP75	0,231
	45	75	16	1					20	14,3	5600		6009RSR		0,231
	45	75	16	1					20	14,3	5600		6009.2RSR		0,231
	45	75	16	1					20	14,3	9000	11000	6009TB.P63		0,231
	45	75	16	1					15	10,6	5600		6009Z15.2RSR		0,231
	45	75	16	1					20	14,3	9000		6009ZR		0,231
	45	75	16	1					20	14,3	9000		6009.2ZR		0,231
	45	85	19	1,1					32,5	20,4	8000	9500	6209		0,405
	45	85	19	1,1	81,81	3,28	1,9	0,6	32,5	20,4	8000	9500	6209N	SP65	0,405
	45	85	19	1,1					32,5	20,4	3300		6209RSR		0,405
	45	85	19	1,1					32,5	20,4	9000		6209.2RSR.C3		0,405
	45	85	19	1,1					32,5	20,4	8000	9500	6209TB.P63		0,405
	45	85	19	1,1					24,0	15,3	9000	9500	6209Z15		0,405
	45	85	19	1,1					24,0	15,3	5300		6209Z15.2RSR		0,405
	45	85	19	1,1						20,4			6209Z52.790144		0,405
	45	85	19	1,1						20,4			6209Z52.790191		0,405
	45	85	19	1,1					32,5	20,4	8000		6209ZR		0,405
	45	85	19	1,1					32,5	20,4	8000		6209ZR.C3		0,405
	45	85	19	1,1	61,81	3,28	1,9	0,6	32,5	20,4	8000		6209N	SP65	0,405
	45	85	19	1,1					32,5	20,4	8000		6209.2ZR		0,405
	45	85	19	1,1					32,5	20,4	8000		6209.2ZR.C3		0,405

Apéndice16. Especificaciones del rodamiento

MOTOR	MODELO 800
Peso máximo a mover	800 Kg.
Tensión de alimentación	230 v / 50 Hz.
Potencia Máxima	350 W
Velocidad	11 M/min.
Capacitor	12,5 u f
Piñón	M4 Z13 Acero cement.
Temp. de funcionamiento	-20°C + 80°C
Rotación del motor	1400 RPM
Fin de carrera	Magn. Incorp.
Cárter	Aluminio
Desacople del motor	Llave hexagonal
Peso del motorreductor	9,650 Kg.
Frecuencia de uso	50%

Apéndice17. Características técnicas del motor Eurus 800



TABLA 6-3 Coeficientes para la ecuación de factor superficial
Fuente: Shigley y Mischke, *Mechanical Engineering Design*, 5a ed., McGraw-Hill, Nueva York, 1989, pág. 283 con permiso

Acabado superficial	MPa		kpsi	
	A	b	A	b
Rectificado	1.58	-0.085	1.34	-0.085
Maquinado o estirado en frío	4.51	-0.265	2.7	-0.188
Rolado en caliente	57.7	-0.718	14.4	-0.718
Forjado	272	-0.995	39.9	-0.889

Apéndice18. Tabla de Coeficiente para la ecuación de factor superficial

TABLA 6-4
Factores de confiabilidad para $S_f = 0.08 \mu$

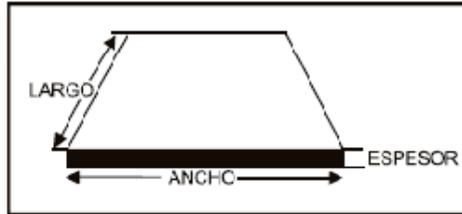
Confiabilidad %	$C_{confiabilidad}$
50	1.000
90	0.897
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659

Apéndice19. Tabla de factor de Confiabilidad



ESPESOR	Peso		
	m ²	1.0 X 2.0 m	1.22 X 2.44 m (4'x8')
MILIMETRO	Kg.	Kg.	Kg.
22	172,79	345,58	513,51
22,23	174,59	349,19	518,88
25	196,35	392,7	583,54
25,4	199,49	398,98	592,87
31,75	249,36	498,73	741,09
37	251,33	502,65	746,93
38	298,45	596,9	886,97
38,1	299,24	598,47	889,31
50	392,7	785,4	1167,07

LAMINAS DE ACERO



Calidades	PROPIEDADES MECÁNICAS				APLICACIONES MÁS FRECUENTES
	LÍMITE ELÁSTICO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN		% ALARGA	
ASTM					
A - 36	23 kg / mm ²	41 kg / mm ²	400 Mpa	20	Estructuras metálicas en general
	25 kg / mm ²	56 kg / mm ²	550 Mpa	23	

Apéndice 20. Especificaciones de la lámina de acero

TABLA 14-1 Dimensiones principales de las roscas de tornillo Unified National Standard
 Datos calculados de las ecuaciones 14.1—Véase la referencia 3 para mayor información

Tamaño	Roscas bastas—UNC				Roscas finas—UNF		
	Diámetro mayor d (in o pulg)	Hilos por pulgada	Diámetro menor d_r (in)	Área de esfuerzo a tensión A_t (in ²)	Hilos por pulgada	Diámetro menor d_r (in)	Área de esfuerzo a tensión A_t (in ²)
0	0.0600	—	—	—	80	0.0438	0.0018
1	0.0730	64	0.0527	0.0026	72	0.0550	0.0028
2	0.0860	56	0.0628	0.0037	64	0.0657	0.0039
3	0.0990	48	0.0719	0.0049	56	0.0758	0.0052
4	0.1120	40	0.0795	0.0060	48	0.0849	0.0066
5	0.1250	40	0.0925	0.0080	44	0.0955	0.0083
6	0.1380	32	0.0974	0.0091	40	0.1055	0.0101
8	0.1640	32	0.1234	0.0140	36	0.1279	0.0147
10	0.1900	24	0.1359	0.0175	32	0.1494	0.0200
12	0.2160	24	0.1619	0.0242	28	0.1696	0.0258
1/4	0.2500	20	0.1850	0.0318	28	0.2036	0.0364
5/16	0.3125	18	0.2403	0.0524	24	0.2584	0.0581
3/8	0.3750	16	0.2938	0.0775	24	0.3209	0.0878
7/16	0.4375	14	0.3447	0.1063	20	0.3725	0.1187
1/2	0.5000	13	0.4001	0.1419	20	0.4350	0.1600
5/8	0.5625	12	0.4542	0.1819	18	0.4903	0.2030
3/4	0.6250	11	0.5069	0.2260	18	0.5528	0.2560
7/8	0.7500	10	0.6201	0.3345	16	0.6688	0.3730
1	0.8750	9	0.7307	0.4617	14	0.7822	0.5095
1 1/8	1.0000	8	0.8376	0.6057	12	0.8917	0.6630
1 1/4	1.1250	7	0.9394	0.7633	12	1.0167	0.8557
1 3/8	1.2500	7	1.0644	0.9691	12	1.1417	1.0729
1 1/2	1.3750	6	1.1585	1.1549	12	1.2667	1.3147
1 3/4	1.5000	6	1.2835	1.4053	12	1.3917	1.5810
2	1.7500	5	1.4902	1.8995	—	—	—
2 1/4	2.0000	4.5	1.7113	2.4982	—	—	—
2 1/2	2.2500	4.5	1.9613	3.2477	—	—	—
3	2.5000	4	2.1752	3.9988	—	—	—

Apéndice 21. Dimensiones principales de la rosa del tornillo



TABLA 14-6 Especificaciones y resistencias SAE para pernos de acero

Número de grado SAE	Rango de dimensión del diámetro exterior (in)	Resistencia de prueba mínima (kpsi)	Límite de fluencia elástico mínimo (kpsi)	Resistencia mínima a tensión (kpsi)	Material
1	0.25-1.5	33	36	60	bajo o medio carbono
2	0.25-0.75	55	57	74	bajo o medio carbono
2	0.875-1.5	33	36	60	bajo o medio carbono
4	0.25-1.5	65	100	115	medio carbono, estirado en frío
5	0.25-1.0	85	92	120	medio carbono, T y R*
5	1.125-1.5	74	81	105	medio carbono, T y R
5.2	0.25-1.0	85	92	120	martensita de bajo carbono
7	0.25-1.5	105	115	133	aleación de bajo carbono
8	0.25-1.5	120	130	150	aleación de medio carbono
8.2	0.25-1.0	120	130	150	martensita de bajo carbono

Apéndice 22. Especificaciones y resistencia SAE para pernos de acero

TABLA 14-5
Factores de área para el área de cortante de barrido de rosca

Tipo de rosca	w_i (menor)	w_o (mayor)
UNS/ISO	0.80	0.88
Square	0.50	0.50
Acme	0.77	0.63
Buttress	0.90	0.83

Apéndice 23. Factores de área para el área cortante de barrido de rosa



Dia. Rim	Medida	Rango de Carga	Capacidad de Resistencia	Rim Recomendado	Carga Máxima		Ancho de Sección (mm)	Diámetro Externo (mm)	Radio bajo Carga Estática (mm)	Revoluciones por Milla
					Kg	Lbs				
20	11.00R20	H	16	8.00	3268 2867	7200 6320	292	1110	511	476
	12.00R20	J	18	8.50	3724 3266	8210 7200	312	1143	523	462
22	11.00R22	H	16	8.00	3475 3048	7660 6720	290	1148	528	460
22.5	11R22.5	H	16	8.25	2998 2631	6610 5800	284	1072	498	492
	12R22.5	H	16	9.00	3352 3062	7200 6320	295	1102	518	480

Apéndice 24. Especificaciones del neumático seleccionado

ESLINGAS DE CABLE DE ACERO CABLE ACERO

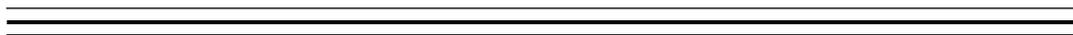
CARGA DE TRABAJO RECOMENDADA EN KG. PARA ESLINGAS PRENSADAS MECANICAMENTE
Capacidades de carga para eslingas clasificación 6 x 19 y 6 x 37 con alma de acero - Arado Mejorado

Dia. del cable	Sencilla			Pierna Doble			Pierna Triple o Cuádruple			
	Vertical	Llano	Canasta	30°	45°	60°	30°	45°	60°	
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	
1/4	6.35	508	372	999	508	718	888	762	1077	1320
5/16	7.94	790	581	1543	790	1117	1368	1185	1676	2052
3/8	9.53	1089	835	2270	1089	1540	1886	1634	2310	2829
7/16	11.11	1543	1089	3067	1543	2182	2672	2315	3273	4009
1/2	12.70	1997	1453	3994	1997	2824	3459	2996	4236	5188
9/16	14.30	2542	1816	4993	2542	3594	4403	3813	5392	6604
5/8	15.90	3067	2270	6173	3067	4365	5347	4631	6548	8020
3/4	19.05	4448	3268	8806	4448	6289	7704	6672	9434	11566
7/8	22.23	5992	4357	11801	5992	8473	10378	8988	12709	15567
1	25.40	7716	5719	15433	7716	10910	13364	11574	16366	20046
1 1/8	28.60	9078	7172	18156	9078	12836	15723	13617	19254	23585
1 1/4	31.75	11801	8806	23603	11801	16687	20439	17702	25030	30659
1 3/8	34.93	13617	10894	28142	13617	19254	23885	20426	28882	35377
1 1/2	38.10	16340	12709	33589	16340	23105	28301	24510	34657	42541
1 5/8	41.27	19064	14525	38128	19064	26956	33019	28596	40435	49528
1 3/4	44.45	22695	17248	44482	22695	32091	39306	34043	48136	58962
2	50.80	29050	21787	58099	29050	41077	50315	43575	61615	75472

Factor de seguridad 5:1
Fabricado Acorde Normas ANSI/ASME B30.9 - GOVERN 3333-1997

Apéndice 25. Eslingas de cable de acero

ANEXOS





The practical design assures user friendly operation while offering state of the art micro-processing control. Hospital grade components at affordable prices makes the ConRad Series Radiographic Systems the wise choice for a wide variety of applications.

The high frequency techniques assure accurate and low dose exposures for the whole range of radiographic practices. The new ConRad generators match the needs of a busy radiology department with today's advanced technology. Their modular design is one of the smallest and lightest packages on the market today!

Affordable while still maintaining the Hospital Grade Excellence that measures up to your highest expectations.

Many options are available for this new HF Radiographic System to meet your needs.

HF Radiographic Systems

CONRAD Series

CONTROL-X MEDICAL

Imaging for the Future

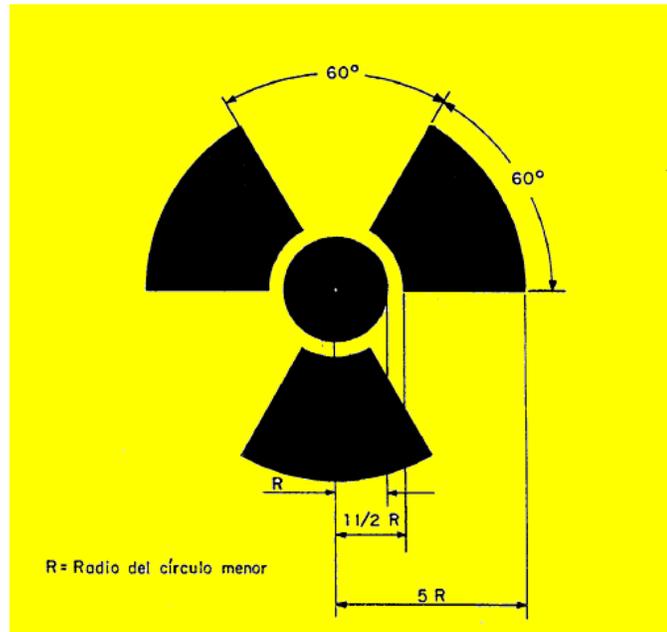
Anexo 1. Equipo de Rayos X



Anexo 2. Digitalizador



Anexo 3. Impresora



Anexo 4. Símbolo básico de radiaciones ionizantes

Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.)

Cada una de las partes de la estructura tiene una misión distinta para aportar propiedades mecánicas al conjunto. Los revestimientos exteriores absorben los esfuerzos de flexión y cargas aplicadas en su plano. Son los que proporcionan prácticamente la totalidad de la rigidez a flexión de las capas. El núcleo separa las pieles entre sí para aumentar la inercia a flexión de las mismas respecto a un eje o línea neutra y soporta los esfuerzos de cortadura. Aumentando la distancia entre las pieles se obtiene un aumento de la rigidez a flexión.

El material de las laminas exteriores es Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) color blanco, el cual está, constituido por una estructura resistente de fibra de vidrio y un material plástico que actúa como aglomerante de las mismas. El refuerzo de fibra de vidrio, provee al compuesto: resistencia mecánica, estabilidad dimensional, y resistencia al



calor. La resina plástica aporta: resistencia química dieléctrica y comportamiento a la intemperie.

Los plásticos reforzados son un material flexible, pero a su vez muy resistente mecánicamente. Sometido a un esfuerzo de tracción, se deforma proporcionalmente, o sea, que cumple con la Ley de Hooke¹, con la particularidad de que la rotura se produce sin presentar fluencia previa. Su peso específico (1300 Kg/m^3) es mucho menor que el de los materiales tradicionales, lo que hace que el PRFV posea una alta resistencia específica.

Una plancha de espuma rígida de poliuretano de alta densidad será el núcleo de la estructura de las paredes y techo, el cual asegura un elevado nivel de aislamiento térmico, además de ser altamente resistente a la compresión y a la humedad.

Anexo 5. Material para paredes y techo



Anexo 6. Compuesto Marino

¹ Ley de Hooke: establece que la deformación ϵ de un material elástico es directamente proporcional a la fuerza aplicada F



Anexo 7. Piso Goma



Proyecto: Diseño de una unidad móvil para prestar el servicio de radiología

Descripción de partidas

Descripción de partidas



CONTENIDO

OBJETIVO GENERAL

ALCANCE GENERAL

- P.1.- Estructura para la extensión de la unidad móvil
- P.2.- Estructura fija de la unidad móvil
- P.3.- Recubrimiento de la unidad móvil de RX
- P.4.- Blindaje para la unidad móvil de RX
- P.5.- Acometida eléctrica de la unidad móvil de RX
- P.6.- Mecanismo y guías de acoples para la extensión
- P.7.- Instalación de equipos de RX
- P.8.- Equipos de oficina y accesorios para la unidad móvil
- P.9.- Instalación de puertas para la unidad móvil de RX
- P.10.- Cuerpo bajo para la unidad móvil de RX

LISTADO DE PLANOS



OBJETIVO GENERAL

Describir las especificaciones de construcción para ejecutar el proyecto de la unidad móvil para prestar el servicio radiológico

ALCANCE GENERAL

Las partidas consisten en la ejecución de las labores de fabricación de la unidad móvil, instalación de Equipos e instalación de acometidas eléctricas, que se indican a continuación:

P.1.- Estructura de la extensión de la unidad móvil

Esta partida contempla el suministro y fabricación de la estructura de aluminio de la extensión.

El contratista deberá suministrar aproximadamente 375 Kg de tubo estructural en aluminio según especificaciones indicadas en el plano 03.

Esta partida contempla el suministro del transporte, grúas, máquinas de soldar, tronzadora, andamios, taladros, esmeriles, equipos de seguridad y herramientas requeridas para la ejecución de la obra.

El contratista presentara los procedimientos de soldaduras calificados y la certificación de la mano de obra clasificada de la cuadrilla que es:

- 1 supervisor
- 1 soldador con mano de obra tipo A
- 1 fabricante con mano de obra tipo A
- 1 armador con mano de obra tipo A
- 2 ayudantes



P.2.- Estructura fija de la unidad móvil

Esta partida contempla el suministro y fabricación de la estructura fija de acero al carbón de la unidad móvil.

El contratista deberá suministrar aproximadamente 3084 Kg de tubo estructural en acero al carbón de acuerdo con el plano 02. Incluye limpieza externa de los tubos estructurales a fin de eliminar el óxido de la superficie y aplicación de protección superficial (pintura) de fondo y acabado.

Esta partida contempla el suministro del transporte, grúas, máquinas de soldar, tronzadora, andamios, taladros, esmeriles, equipos de seguridad, y herramientas requeridos para la realización de la estructura fija.

El contratista deberá presentar los procedimientos de soldaduras calificados, la supervisión y la certificación del personal para la obra como lo son dos soldadores con mano de obra clasificada tipo A, dos fabricantes con mano de obra clasificada tipo A, dos armadores con mano de obra clasificada tipo B, y cuatro ayudantes.

P.3.- Recubrimiento de la unidad móvil de RX

Esta partida contempla la instalación de láminas exteriores e interiores en plástico reforzado de fibra de vidrio, con densidad 35 Kg/m^3 color blanco de 5mm de espesor, en aproximadamente 182m^2 de la estructura fija y móvil de la unidad de acuerdo con el esquema 05.

El contratista delegará el personal a trabajar como lo son dos instaladores con manos de obra clasificada tipo A en manejo de fibra de vidrio, un armador con mano de obra clasificada tipo A, tres ayudantes y la supervisión.

El alcance contempla el suministro de todos los materiales requeridos y las maquinarias requeridas como lo son remaches y remachadora de alta



presión, esmeril, cortadora tipo sierra para fibra de vidrio, herramientas necesarias y equipos de seguridad para la correcta instalación.

P.4.- Blindaje para la unidad móvil de RX

Esta partida contempla el suministro y traslado del blindaje desde el lugar de resguardo hasta la unidad.

Instalación del blindaje protector de láminas de plomo de 3mm de espesor, en aproximadamente 33,6m² de la estructura fija de acuerdo con el esquema 06.

El contratista es responsable del suministro de todos los materiales y maquinarias a utilizar: pega de contacto, taladro, herramientas requeridas y equipos de seguridad necesarios para la correcta instalación.

El contratista deberá presentar la certificación de un instalador mano de obra clasificada tipo A en manejo de láminas de Plomo y dos ayudantes, incluye la supervisión.

La partida contempla la certificación del blindaje para rayos x, el contratista deberá hacer pruebas para verificación de la correcta instalación.

P.5.- Acometida eléctrica de la unidad móvil de RX

Esta partida contempla el suministro e instalación de la acometida eléctrica trifásica, bifásica y monofásica. La partida incluye instalación de tablero, acometida interna, acometida para lámparas y acometida para instalación de equipos.

El contratista deberá presentar supervisión y la certificación del personal a trabajar: dos electricistas con mano de obra clasificada tipo A y dos ayudantes.

Lista referencial de equipos requeridos:

1 tablero con 12 circuitos C/puerta

20 metros de cable N°10



44 metros de cable N°6
16 metros de cable N°12
2 unidades de brequers 1x20
1 unidad de brequer 2x20
1 unidad de brequer 2x30
1 unidad de brequer 3x150
8 unidades de toma corriente universal
6 unidades de bombillos 65 watt
6 Lámparas
Tubos corrugados de metal

P.6.- Mecanismos y guías de acoples para la extensión

Esta partida incluye el suministro e instalación de los mecanismos y guías para acoples de la estructura móvil a la fija, el contratista deberá incluir las actividades que sean inherentes a la instalación de los equipos y las indicadas en los catálogos de instalación del proveedor. Una vez instalados los equipos el contratista deberá realizar pruebas de funcionamiento.

El contratista debe certificar el personal a trabajar como: dos manos de obra clasificada tipo A, y tres ayudantes.

El alcance contempla el suministro de todos los materiales y equipos requeridos para la correcta instalación; como Motor 800 euros, cremallera 800, rodamiento rígido de bola numero 6209 y las maquinarias a utilizar son: grúas, taladros, herramientas requeridas y equipos de seguridad.

P.7.- Instalación de equipos de RX

Esta partida contempla el suministro e instalación del equipo de RX, así como el conrad, la Impresora "ifilm creador" y el scanner "icr1000", también incluye el suministro de todos los materiales requeridos para la correcta



instalación y la prueba de funcionamiento de los equipos. El contratista deberá suministrar e instalar facilidades para el acceso operacional, como escaleras y plataformas. Es responsabilidad del contratista las actividades de transporte, el izaje y la instalación.

El contratista deberá certificar el personal de la obra que debe ser una mano de obra clasificada tipo A, dos ayudantes y la supervisión de la misma.

P.8.- Equipos de oficina y accesorios para la unidad móvil

La partida incluye el suministro e instalación de los equipos y accesorios de la unidad móvil, el contratista deberá realizar pruebas de funcionamiento a cada uno de los equipos. Los equipos a instalar son el computador, aire acondicionado, extintor, lámpara de emergencia, cámara y monitor.

La contratista deberá certificar el personal a trabajar como, dos manos de obra clasificada tipo A, y dos ayudantes.

P.9.- Instalación de puertas para la unidad móvil de RX

El contratista deberá suministrar e instalar la puerta corrediza con plomo para el blindaje donde estará el equipo de RX, puerta principal y puerta de emergencia, incluye prueba de funcionamiento.

El contratista certificara, dos manos de obra clasificada tipo A, y dos ayudantes.

P.10.- Cuerpo bajo para la unidad móvil de RX

Esta partida contempla el suministro y fabricación de la estructura del cuerpo bajo en acero al carbón.

El contratista deberá suministrar aproximadamente 330Kg de tubo estructural en acero al carbón de acuerdo con. Incluye limpieza externa de los tubos estructurales a fin de eliminar el óxido de la superficie y aplicación



de protección superficial (pintura) de fondo y acabado, colocación de cubierta a la estructura con una lamina de acero de 38mm de espesor de acuerdo con el esquema 08.

Esta partida contempla el suministro del transporte, grúas, maquinas de soldar, tronzadora, andamios, taladros, esmeriles, equipos de seguridad, y herramientas requeridos para la realización de la estructura fija.

El contratista deberá presentar los procedimientos de soldaduras calificados, la supervisión y la certificación del personal para la obra como lo es un soldador con mano de obra clasificada tipo A, un fabricados con mano de obra clasificada tipo A, un armador con mano de obra clasificada tipo B, y dos ayudantes.

LISTADO DE PLANOS

LAMINA	DESCRIPCIÓN
1	Plano de Unidad móvil de RX
2	Plano de la estructura Fija
3	Plano de la estructura de la extensión
4	Esquema del Motor de la unidad móvil
5	Esquema de ubicación de equipos
6	Esquema de ubicación de equipos
7	Esquema de cuerpo bajo de la unidad RX
8	Base para cuerpo bajo
9	Base para cuerpo bajo