



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**DISEÑO DE UN ELEVADOR PARA EL MONTAJE DE VIGAS METÁLICAS
EN ESPACIOS REDUCIDOS**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor:

Víctor Manuel Valencia Lalangui

Tutor:

MSc. Pablo Elicio Ron Valenzuela

QUITO-ECUADOR

2023

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Víctor Manuel Valencia Lalangui, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre, **DISEÑO DE UN ELEVADOR PARA EL MONTAJE DE VIGAS METÁLICAS EN ESPACIOS REDUCIDOS** como requisito para optar al grado de Ingeniería Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 27 días del mes de Julio del 2023, firmo conforme:

Autor: Víctor Manuel Valencia Lalangui

Firma:



Número de Cédula: 1715818074
Dirección: Calderón – Quito – Ecuador
Correo Electrónico: indmetalval@indoamerica.com
Teléfono: 0995420440

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo a la obtención del título de ingeniería Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica de tutor.

Quito, 27 días del mes de julio del 2023



.....
V́ctor Manuel Valencia Lalangui
C.I. 1717186868

APROBACIÓN DE LECTORES

El trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: **DISEÑO DE UN ELEVADOR PARA EL MONTAJE DE VIGAS METÁLICAS EN ESPACIOS REDUCIDOS**, previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito, 18 de octubre del 2023



.....
Ing. Fabian Sarmiento MSc.

JUAN JOEL
SEGURA D
ROUVILLE

Firmado digitalmente por
JUAN JOEL SEGURA D
ROUVILLE
Fecha: 2023.10.19 09:00:15

-05'00'

.....
Ing. Joel Segura MSc.

DEDICATORIA

Mi familia

Es un pilar importante para cumplir este reto de superación personal, el cual está por culminar, el apoyo por parte de mis allegados es un pilar importante para sortear los obstáculos que se han presentado a lo largo de la carrera, Esta meta no sería posible sin el apoyo de las personas más importantes en mi vida, mi esposa María del Carmen y mis hijas Doménica y Daniela las cuales me apoyaron de manera incondicional en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Quiero extender mi agradecimiento a mis familiares más allegados, a mis padres por incentivar me a seguir adelante pese a las adversidades que se presentaron a lo largo del camino que tuve que recorrer, a Dios por mostrarme el camino el cual tenía que seguir.

Mi agradecimiento más sincero a mi tutor el Ing. Pablo Ron por apoyarme de forma incondicional como docente y como amigo, para culminar con éxito la carrera universitaria.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DE LECTORES	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	2
Riesgos Físicos	3
Riesgos Químicos	4
Riesgos Psicosociales	4
Riesgos Ergonómicos	4
Justificación	4
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
CAPÍTULO II	7
INGENIERIA DEL PROYECTO	7
Diagnóstico de la situación actual de METALVAL	7
Áreas de producción de METALVAL	8
Área de diseño y planificación	8
Área de corte	8
Área de suelda	9
Área de pintura	10
Área de montaje	10
Máquinas y herramientas usadas para la fabricación y montaje de trabajos de metalmecánica	10
Gestión técnica para definir los riesgos laborales en METALVAL	10
Perfiles para estructura metálica para locales	12
Perfiles para estructura metálica para viviendas	15
Análisis de riesgos laborales presentes en la empresa METALVAL	16

Conclusión de la exposición de los trabajadores a riesgos laborales	23
Área de estudio	25
Modelo operativo.....	25
Definición del modelo operativo.....	25
Evaluación ergonómica.....	25
Método OWAS	26
Ecuación de NIOSH	26
Medidas correctivas	27
Selección de alternativas	27
Factores ponderados	27
Diseño del elevador.....	28
Parámetros de diseño	28
Cálculo y selección.....	28
CAPÍTULO III	29
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS	29
Presentación de la propuesta.....	29
Evaluación ergonómica en el montaje de vigas metálicas	30
Método OWAS	30
Frecuencia relativa de la espalda	36
Frecuencia relativa de brazos.....	37
Frecuencia relativa de piernas	38
Evaluación del levantamiento manual con la Ecuación de NIOSH	39
Aplicación del método en la Tarea 1.....	39
Aplicación del método en la Tarea 2.....	44
Selección de alternativas mediante la metodología de factores ponderados	49
Elevador: Opción 1.....	49
Elevador: Opción 2.....	50
Calificación de alternativas	51
Parámetros de selección para la alternativa a elegir	51
Evaluación de las alternativas	52
Selección de la opción que mejor responde a los parámetros.....	52
Diseño del elevador con mesa de contrapeso	52
Parámetros del diseño	52
Diagrama del cuerpo libre (DCL) del elevador.....	53
Diseño de la viga que soporta mayor esfuerzo	54
Cálculo de la viga (RESISTENCIA).....	54

Cálculo de la viga (RIGIDEZ)	58
Cálculo de la columna (Pedestal)	59
Memoria técnica	62
Introducción	62
Objetivo	62
Normas utilizadas	62
Combinación de cargas	63
Diseño estructural	64
Cargas	64
Modelo en sap2000	66
Material definido	67
Secciones	68
Conformación de la estructura	71
Asignación de cargas y combinaciones	72
Resultados de modelo	74
<i>Chequeo de la estructura</i>	74
<i>Chequeo de los elementos</i>	77
Resultados esperados	77
Comparación con el diagnóstico de riesgos ergonómicos	78
CAPÍTULO IV	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
Conclusiones	81
Recomendaciones	82
Bibliografía	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cantidad de perfilería para realizar el montaje de la estructura metálica del local #1	12
Tabla 2 Esta tabla contiene la cantidad de perfilería que se necesita para realizar el montaje de la estructura metálica del local #2	13
Tabla 3 Cantidad de perfilería para realizar el montaje de la estructura metálica del local #3	13
Tabla 4 Cantidad de perfilería para realizar el montaje de la estructura metálica del local #4	14
Tabla 5 Cantidad de perfilería para realizar el montaje de la estructura metálica del local #5	14
Tabla 6 Cantidad de tubos con los cuales se realizó el montaje de las estructuras metálicas en los locales	15
Tabla 7 Cantidad de materiales para la fabricación y montaje de una estructura metálica para una vivienda de 15 x 6 m.....	15
Tabla 8 Cantidad da material usado para la fabricación y montaje de la estructura para vivienda de 90 m2.....	16
Tabla 9 Posiciones que adopta el trabajador al realizar el levantamiento de las vigas.....	35
Tabla 10 Frecuencia relativa posición de la espalda	36
Tabla 11 Frecuencia relativa para la posición de los brazos	37
Tabla 12 Tarea 1. Aplicación del método NIOSH	39
Tabla 13 Tarea 2, aplicación de la ecuación de NIOSH.....	44
Tabla 14	51
Tabla 16	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribuidor de perfilería metálica	9
Figura 2 Perfil compuesto.....	9
Figura 3 En la figura se puede ver la distribución de las oficinas que requiere el cliente	11
Figura 4 Matriz de riesgos mecánicos NTP 330, se aplica en el montaje de vigas metálicas	18
Figura 5 Se aplica la matriz de riesgos físicos NTP 330 para evaluar el montaje de vigas metálicas	20
Figura 6 Se aplica la matriz de riesgos ergonómicos NTP 330 para evaluar el montaje de vigas metálicas.....	21
Figura 7 Se aplica la matriz de riesgos químicos NTP 330 para evaluar el montaje de vigas metálicas.....	22
Figura 8 Se aplica la matriz de riesgos sicosociales NTP 330 para evaluar el montaje de vigas metálicas.....	22
Figura 9 Categoría de riesgo por código de postura	31
Figura 10 Elevador accionado con malacate	49
Figura 11 Elevador con mesa de contrapeso	50

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: DISEÑO DE UN ELEVADOR PARA EL MONTAJE DE VIGAS METÁLICAS EN ESPACIOS REDUCIDOS

AUTOR: Víctor Manuel Valencia Lalangui

TUTOR: Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela MSc

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se puede evidenciar que en la metalmecánica Metalval se realiza el montaje de vigas metálicas, estos trabajos son realizados en lugares inaccesibles para grúas hidráulicas por ese motivo las actividades deben ser realizadas de forma manual, los operarios deben realizar grandes esfuerzos y adoptar diferentes posiciones las cuales pueden generar problemas musculo esquelético a futuro. Para evaluar estas actividades se aplica la matriz IPER NTP 330 en cuyos resultados se puede evidenciar que debemos adoptar medidas correctivas en los factores de riesgo ergonómico tales como posturas forzadas y levantamiento manual de cargas las cuales reflejan un nivel de riesgo I, siendo una situación crítica, por este motivo los trabajadores están expuestos a un riesgo psicosocial por carga física con nivel de riesgo II. Aplicamos el método OWAS para posturas forzadas obteniendo un nivel de riesgo 3 por mantener la espalda con giro, con el método NIOSH se evaluó el levantamiento manual de cargas el cual presenta un índice de 4.1 que es mayor a 3 por lo que puede ocasionar a futuro problemas musculo esqueléticos. Se plantean dos opciones de elevadores los mismos que fueron evaluadas con el método de factores ponderados, En donde la opción 2 es la más adecuada. Se realiza el diseño del elevador con una capacidad de carga máxima de 375 Kg el cual será construido en acero ASTM 36.

Palabras clave: Elevador de carga, Posturas forzadas, Problemas musculo esqueléticos.

INDOAMERICA UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING, INDUSTRY AND PRODUCTION

INDUSTRIAL ENGINEERING CAREER

**SUBJECT: DESIGN OF A HOIST FOR THE ASSEMBLY OF STEEL BEAMS
IN CONFINED SPACES**

AUTHOR: Víctor Manuel Valencia Lalangui

TUTOR: Eng. Pablo Elicio Ron Valenzuela MSc.

ABSTRACT

In this degree work it can be seen that in the Metalval metalworking company, metal beams are assembled, these works are performed in inaccessible places for hydraulic cranes for that reason the activities must be performed manually, operators must make great efforts and adopt different positions which can generate musculoskeletal problems in the future. To evaluate these activities we apply the IPER NTP 330 matrix, the results of which show that we must adopt corrective measures in the ergonomic risk factors such as forced postures and manual lifting of loads, which reflect a risk level I, being a critical situation, for this reason workers are exposed to a psychosocial risk due to physical load with risk level II. We applied the OWAS method for forced postures, obtaining a risk level 3 for maintaining the back with a twist, with the NIOSH method. The manual lifting of loads was evaluated, which presents an index of 4.1, which is higher than 3, so it can cause musculoskeletal problems in the future. Two elevator options are proposed, which were evaluated with the weighted factors method, where option 2 is the most adequate. The design of the elevator with a maximum load capacity of 375 kg is carried out, which will be built in ASTM 36 steel.

Key words: Load lifting, Forced postures, Musculoskeletal problems.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a los datos de la OIT a nivel mundial se registran 317 millones de trabajadores los cuales sufren accidentes laborales de estos 770 casos diarios son personas que padecen de enfermedades producto del levantamiento manual de cargas, 2.34 millones de personas fallecen por accidentes o enfermedades laborales, esto hace que los organismos internacionales busquen generar conciencia ante la gravedad de esta problemática, su presencia puede ser invisible ya que en la mayoría de países no se lleva un registro sobre este problema. A nivel mundial se solicita que un trabajador levante un peso de 25 Kg de manera continua y esporádicamente 40 Kg, (OIT, 2022)

En el Ecuador al realizar una actividad en el área de la construcción pueden estar expuestos a sufrir accidentes laborales, en su gran mayoría los incidentes que se reportan no se encuentran dentro de esta línea, al contrario, se registran accidentes con un alto índice de mortalidad según los datos suministrados por el IEES, en el año 2018 fueron registrados alrededor del 3.3% de accidentes los cuales se dieron en el área de la construcción. (CAMICON, 2020)

En METALVAL metalmecánica la cual se dedica a la fabricación y montaje de estructuras metálicas presenta problemas al momento de realizar el montaje de vigas metálicas tipo I y compuestas (tubos) los mismos que deben ser ensamblados a columnas y que en algunas ocasiones no se pueden usar maquinaria o equipos de izaje esto se debe a que no se tiene acceso para grúas o brazos hidráulicos.

Este trabajo lo realizan los operarios, en función del largo y peso de las vigas los cuales deben realizar grandes esfuerzos al no contar con un elevador lo que podría ocasionar futuros accidentes de trabajo o dolencias en el área lumbar. Ocasionando a futuro posibles trastornos musculo esqueléticos.

Antecedentes

El problema se presenta al momento de realizar el montaje de estructuras metálicas en espacios en los cuales no puede acceder una grúa o brazo hidráulico esto hace que los operarios tengan que elevar las vigas de forma manual, estas pueden llegar a pesar hasta 200 Kg, por este motivo se ve la necesidad de diseñar un dispositivo con el cual se pueda realizar estos trabajos tratando de que se realice el menor esfuerzo posible. Hasta el momento se han producido algunos incidentes que han ocasionado heridas leves como cortes, aplastamiento, golpes y dolencias en la zona lumbar.

La OIT sugiere que se elaboren medidas de control en las áreas en las cuales se están generando accidentes y los medios de transmisión. El ministerio de trabajo y el sistema de gestión de riesgo exige que se elaboren manuales con los cuales se pueda realizar las actividades de forma segura y se pueda realizar una gestión, evaluación y control al implementar los sistemas para gestionar de forma correcta la seguridad Industrial y la prevención de riesgos laborales en la empresa.

Al realizar el diseño de este dispositivo se busca reducir el esfuerzo físico que realizan los operarios, así como las malas posturas que deben adoptar para realizar el trabajo evitando posibles problemas de salud a futuro. La empresa por otro lado se beneficia ya que no solo reduce los índices de incidentes o accidentes si no que cuida la salud de su personal evitando complicaciones a futuro.

Es importante realizar de forma técnica un estudio para de esa forma lograr que se puedan eliminar los diferentes problemas que se presentan al elevar cargas en espacios reducidos, el objetivo es reducir los esfuerzos excesivos y problemas de salud que se pueden presentar en los operarios.

La metalmecánica METALVAL cumpliendo con la normativa vigente cuida la salud de sus colaboradores dotando de todos los implementos de seguridad y dispositivos para que su trabajo se lo realice de forma segura cuidando la salud de los mismos, por otro lado se trata de crear conciencia para que los colaboradores cumplan con la normativa establecida en la cual cita el uso de los equipos de seguridad dotados por el jefe inmediato , mantener las áreas limpias, no realizar acciones peligrosas al realizar sus labores diarias, de acuerdo al código de trabajo en el artículo 46 en donde cita que el trabajador debe cuidar su salud, no poner en riesgo su vida al momento de realizar el trabajo el cual es encomendado por parte del patrono. (gob.ec, 2012).

Los principales riesgos que pueden existir en una metalmecánica son:

- Físicos y Mecánicos
- Químicos
- Psicosociales
- Ergonómicos

Estos riesgos deben ser controlados para evitar posibles accidentes o enfermedades profesionales.

Riesgos Físicos.

Estos riesgos deben ser valorados en cada puesto de trabajo realizando ensayos in situ para establecer que actividades pueden producir lesiones corporales como, cortes, golpes, abrasiones, aplastamiento y quemaduras, polvo, nivel de presión sonora, estos ensayos lo

realizan laboratorios los cuales deben estar acreditados para realizan ensayos usando métodos como referencia. (Acreditación.gob, 2018)

Riesgos Químicos.

Se presenta al momento de usar productos químicos o sustancias peligrosas, estas pueden presentar un riesgo toxico estas sustancias pueden ser toxicas, nocivas, corrosivas, pueden irritar la piel, deben ser tratados por que pueden ser de alta relevancia y pueden afectar a la salud de los trabajadores.

Riesgos Psicosociales.

Los riesgos psicosociales se derivan al no tener un diseño puede presentar ya que la gestión y organización para realizar un trabajo no es la adecuada, esto puede provocar estrés, problemas físicos y sociales. Los riesgos psicológicos son negativos pueden ser perjudiciales provocando estrés laboral, agotamiento, depresión.

Riesgos Ergonómicos.

Se da cuando el trabajador interactúa con la actividad que realiza y presentan movimientos, posturas las cuales pueden ocasionar problemas de salud. Se presentan al realizar movimientos, posturas incomodas para el trabajador, al levantar objetos que pueden pesar más de 25 Kg.

Justificación

Al realizar un trabajo de investigación entendemos que este va a ser importante para la empresa METALVAL, ya que cuenta con medidas de prevención con las cuales se busca corregir las posibles deficiencias en las áreas de trabajo para que al momento de realizar las actividades los operarios no sufran incidentes o accidentes laborales, Es importante dar charlas de seguridad, metodología 5S, ya que el principal problema al momento de realizar actividades en un área de construcción es el desorden del lugar de trabajo.

Es **importante** entender el problema el cual se da a diario en las diferentes construcciones, ampliaciones, remodelaciones, no se tienen registros con los cuales se pueda realizar un seguimiento y de esa forma controlar este tipo de trabajos que en su gran mayoría son realizados sin cumplir con normas o procedimientos mínimos con los cuales se garantice la seguridad y salud de los operarios.

El **impacto** está enfocado en brindar seguridad y facilitar el trabajo a los operarios al momento de realizar el montaje de una estructura metálica, este dispositivo puede ser usado no solo por la empresa que diseña el dispositivo, sino que puede ser usado por otras empresas que tengan el mismo problema al realizar este tipo de trabajos.

La **utilidad** que debe tener este dispositivo debe ser multipropósito, no solo debe servir como elevador de carga, también puede servir como un coche en el cual se puede transportar las vigas por los pasillos estrechos de algunas obras en las que su acceso es limitado, incluso podría ser usado como una mesa para colocar las herramientas que se van usar en el montaje de las estructuras, de manera que los operarios realicen el menor esfuerzo posible al realizar en montaje de vigas metálicas, reduciendo de manera significativa la aparición de enfermedades lumbares y fatiga física. Para alcanzar este propósito debemos identificar, medir y evaluar los riesgos existentes en cada puesto de trabajo, con estos datos podemos controlar y disminuir los incidentes que se puedan producir a futuro.

Para METALVAL debe ser **factible** la propuesta realizando cambios en la administración, la cual debe estar enfocada en reducir tiempos, costos, tiempos de fabricación, mejorar la prevención de riesgos dentro del área de trabajo, por este motivo se deben realizar capacitaciones, dotar del equipo de protección personal, incentivar a los trabajadores para que apliquen de forma correcta la normativa para prevenir posibles riesgos laborales.

Objetivo general

Diseñar un elevador de carga para el izaje de vigas metálicas en espacios reducidos para realizar el montaje de estructuras metálicas con una capacidad máxima de 300 kg., mediante el cálculo y selección de sus elementos garantizando el montaje in situ y evitando daños musculoesqueléticos a los trabajadores.

Objetivos específicos

- Diagnosticar los riesgos laborales en la empresa metalmecánica, utilizando la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPER) NTP 330 valorando el nivel de riesgo
- Evaluar los factores de riesgos ergonómicos, mediante la metodología para posturas forzadas OWAS y el levantamiento manual de cargas NIOSH, determinando el nivel de riesgo.
- Plantear alternativas de solución al problema a través de la metodología de factores ponderados, para la selección del elevador más adecuado para la elevación de vigas metálicas y el dimensionamiento de los elementos del elevador de carga mediante el cálculo y selección de materiales.

CAPÍTULO II

INGENIERIA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de METALVAL

METALVAL está ubicada en la panamericana norte Km 10.5 y Simón Bolívar, en el barrio Cuerpo de Bomberos, inició sus actividades en el año 2009, realizando trabajos de cerrajería y mantenimiento en empresas industriales, en el año 2014 inicia la prestación de servicios de construcción y remodelación en instituciones bancarias en las cuales se incrementan servicios que no se prestaban anteriormente, esto provoco un cambio en el ámbito de seguridad industrial ya que se manejan dispositivos con pesos considerables, también se realiza el mantenimiento de infraestructura en locales los cuales se encuentran dentro de centros comerciales, en donde es necesario cumplir horarios y descarga de materiales y equipos por las zonas de carga teniendo que transportar distancias largas para llegar al sitio de trabajo y problemas para elevar vigas las cuales son usadas para soportar los frisos, panelearía, aluminio y vidrio, sistema eléctrico, los cuales son necesarios para realizar los trabajos encomendados por el cliente.

En ese sentido se han tomado medidas de seguridad alineadas a los trabajos que se van a realizar, cabe destacar que desde sus inicios no se han presentado accidentes graves los cuales puedan afectar a la salud de los trabajadores, al ser trabajos manuales se ve la necesidad de diseñar dispositivos que puedan cumplir con varias funciones a la vez siendo la principal el transporte y elevación de vigas metálicas para estructuras internas, este dispositivo debe estar diseñado de manera en que pueda reducir los riesgos laborales, también es necesario cumplir con la normativa con la cual ayude a prevenir y de ser necesario corregir procesos inseguros para los colaboradores.

Áreas de producción de METALVAL

Para realizar una remodelación se realizan trabajos previos en el taller y otras actividades son realizadas en el lugar que va a ser intervenido para ello se han definido las áreas de la siguiente manera:

- Área de diseño y planificación
- Área de corte
- Área de suelda
- Área de pintura
- Área de montaje (local comercial o vivienda).

Para un mayor conocimiento de las áreas se va a tomar como referencia la remodelación de las oficinas ubicadas en un edificio en la ciudad de Quito, esto con el fin de realizar un ejemplo de las actividades que se realizan en cada área.

Área de diseño y planificación

En esta área se diseñan las estructuras, se dimensionan los elementos que se van a usar, el diseño se lo realiza en base a un plano enviado por el cliente en el cual consta la distribución que se requiere ejecutar, posterior se envía la cotización para su respectiva aprobación. Una vez que se tienen listos todos los insumos se planifican las tareas que se ejecutaran en base a cada proyecto.

Área de corte

Luego de ser aprobado el presupuesto se procede a realizar la compra de los materiales los cuales son cortados a la medida calculada en el plano realizado.

Figura 1

Distribuidor de perfilería metálica

RESUMEN DE PERFILES						
PERFIL	LONG.	CANT.	PESO	TOTAL		OBSERVACIONES
PLACAS BASE 250-250-10		20	5.00	100		PLACAS BASE
PLACAS BASE 300-250-10		2	7.00	14		PLACAS BASE
TUBO 100x100x3	6.00	1	56.60	57		TUBO CUADRADO
TUBO 150x150x3	138.0	23	84.80	1951		CANAL U
CANAL U 200x50x3	16.00	3	42.40	128		CANAL U
G 150-50-15-3	24.00	4	36.78	148		CORREA G
G 200-50-15-2	260.0	44	30.00	1320		CORREA G
G 200-50-15-3	380.0	64	43.66	2795		CORREA G
VIGA VK 20	15.00	3	110.4	332		VIGA VK KUBIEC
ANGULOS 50-50-4	46.00	8	13.50	108		ANGULOS DE GRADA
ANGULOS 30-30-3	12.00	2	7.80	16		ANGULOS DE ASIENTO
			TOTAL	6970	Kg.	

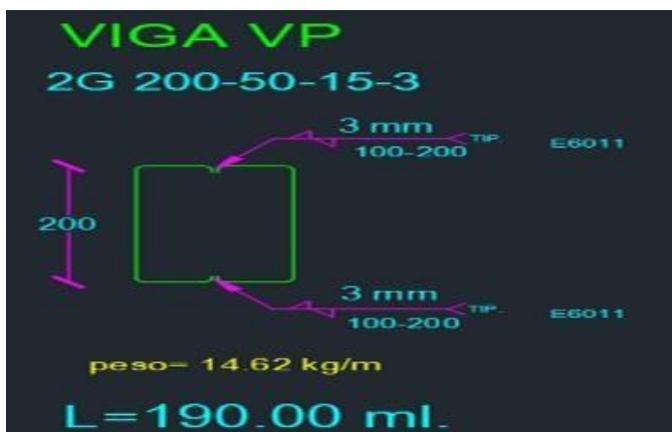
Nota: En función de estos materiales se observa los pesos de algunos materiales cuyo peso al momento de soldar pueden llegar a pesar 200 Kg, elaborado por el autor.

Área de suelda

En esta área se sueldan los perfiles y tubería que se va a usar esto depende de que tan grande sea el proyecto se fabrican vigas I, cerchas metálicas, tubos formados por dos correas G.

Figura 2

Perfil compuesto



Nota: En la figura se muestra cómo se sueldan los perfiles para formar los tubos para las vigas que van a ser usadas en el montaje de la estructura metálica, elaborado por el autor.

Área de pintura

En este paso se realiza la limpieza y pintura de los materiales anteriormente cortados y soldados usando un fondo anticorrosivo y de ser necesario por pedido del cliente se usa pintura de acabado sintético automotriz.

Área de montaje

Este paso se lo realiza el transporte al local, vivienda el cual va a ser intervenido, en este caso no solo se encuentra dentro de la ciudad de Quito, los clientes cuentan con locales que se encuentran ubicadas en otras provincias.

Máquinas y herramientas usadas para la fabricación y montaje de trabajos de metalmecánica.

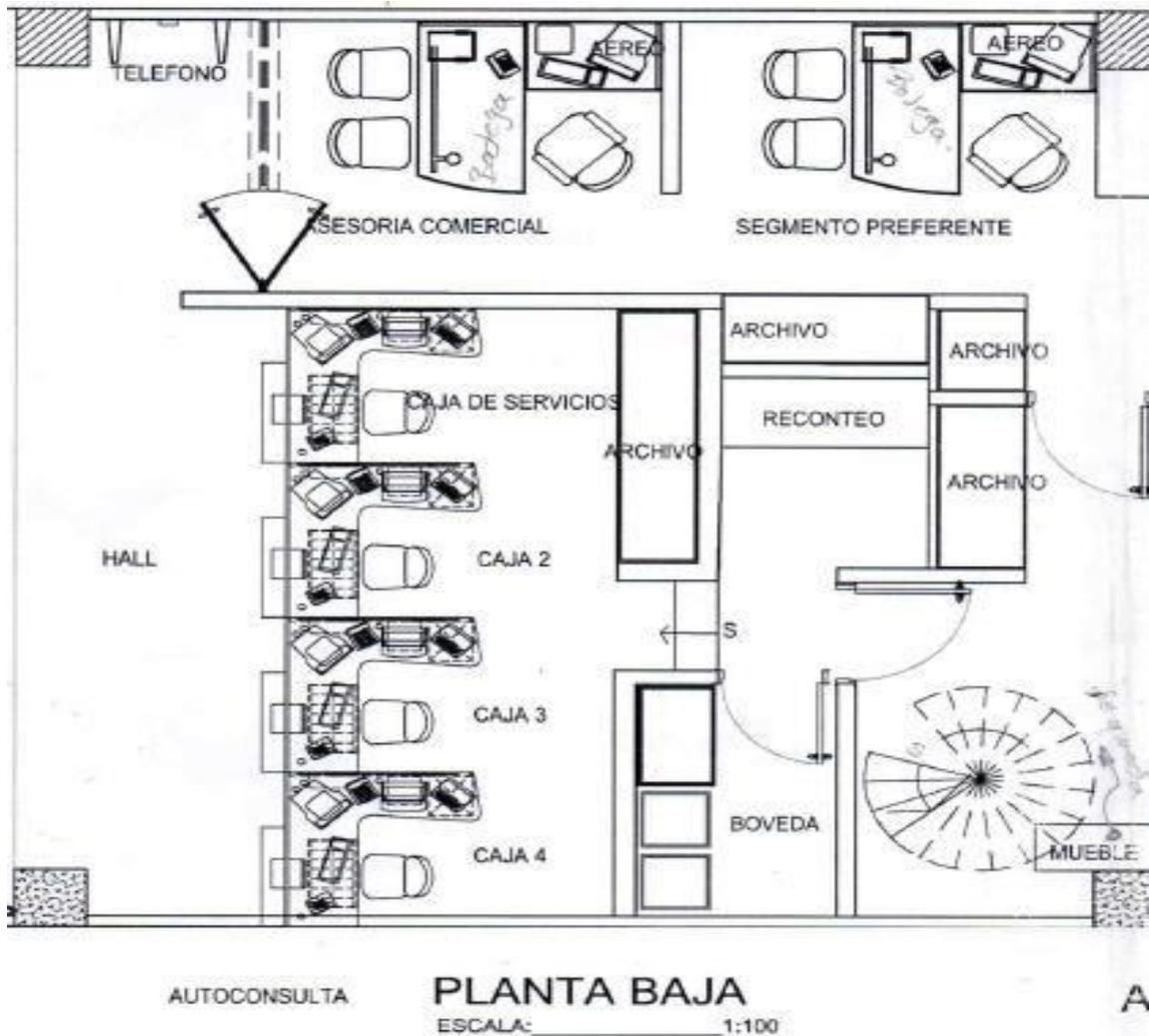
- Amoladoras y tronzadoras
- Soldadoras mig y eléctrica
- Taladro de banco
- Compresores
- Taladros de mano
- Atornilladores

Gestión técnica para definir los riesgos laborales en METALVAL

Se realiza un listado tomando como referencia cinco locales, con esta información se trata de establecer la cantidad de vigas que se deben elevar para construir la estructura metálica requerida. A continuación, en la **Figura 3** se aplicará como ejemplo en una de las áreas.

Figura 3

En la figura se puede ver la distribución de las oficinas que requiere el cliente



AREA 73.40 M2

Nota: Distribución proporcionada por el cliente.

Se realizan tablas de 5 proyectos realizados para tener la cantidad de materiales que se necesitan para realizar el montaje de las estructuras en los proyectos de remodelación y de esta forma conocer cuáles son los materiales que los operarios deben trasladar desde el área de carga o parqueaderos hacia el local que va a ser intervenido. La distancia de traslado dependerá del centro comercial o ubicación del local.

Las tablas incluyen cantidades y pesos de cada material, los cuales son importantes para saber cuántas veces realizan el levantamiento de vigas metálicas en cada proyecto. Para realizar el dimensionamiento del peso de cada tubo que vamos a usar tomamos como referencia los pesos y dimensiones del catálogo (Dipac, Catalogo de materiales, 2022), Ver **Anexo I**

Perfiles para estructura metálica para locales

Dentro de las actividades que lleva a cabo la empresa metalmecánica METALVAL se realizan trabajos tanto par locales de bancos y para viviendas por esta razón a continuación se hará un detalle para cada uno de estos sectores.

Tabla 1

Cantidad de perfilería para realizar el montaje de la estructura metálica del local #1

Especificación perfilería mm	Cantidad unidades	Peso x metro lineal	Largo requerido x metro lineal	Peso unitario	Peso total
Tubo de 100x100x3	7	9,17	6	55,02	385,14
Tubo de 150x100x3	4	11,6	6	69,6	278,4
Sercha 150x600x3	1	29	6	174	174
Tubo de 75x75x3	25	6,8	6	40,8	1020
Tubo de 150x150 x6	4	27,5	6	165	660
Plancha 4mm	8			94	752
Total materiales	49			Peso total	3269,54

***Nota:** En la tabla se muestra los pesos que diariamente elevan o manipulan los trabajadores, por lo tanto, genera fatiga a los trabajadores y que a futuro podrían desencadenar en trastornos musculoesqueléticos. Elaborado por el autor.*

Tabla 2

Esta tabla contiene la cantidad de perfilera que se necesita para realizar el montaje de la estructura metálica del local #2.

Especificación perfilera mm	Cantidad unidades	Peso x metro lineal	Largo requerido x metro lineal	Peso unitario	Peso total
Tubo de 100x100x3	7	9,17	6	55,02	385,14
Tubo de 150x100x3	1	11,6	6	69,6	69,6
Sercha 150x600x3	1	29	7	203	203
Tubo de 75x75x3	35	6,8	6	40,8	1428
Tubo de 150x150 x6		27,5		0	0
Plancha 4mm	2			94	188
total materiales	46			Peso total	2273,74

Nota: En la tabla se muestra los pesos que diariamente elevan o manipulan los trabajadores, por lo tanto, genera fatiga a los trabajadores y que a futuro podrían desencadenar en trastornos musculo esqueléticos. Elaborado por el autor.

Tabla 3

Cantidad de perfilera para realizar el montaje de la estructura metálica del local #3

Especificación perfilera mm	Cantidad unidades	Peso x metro lineal	Largo requerido x metro lineal	Peso unitario	Peso total
Tubo de 100x100x3	9	9,17	6	55,02	495,18
Tubo de 150x100x3	4	11,6	6	69,6	278,4
Sercha 150x600x3	1	29	12	348	348
Tubo de 75x75x3	18	6,8	6	40,8	734,4
Tubo de 150x150 x6	4	27,5	6	165	660
Plancha 4mm	14			94	1316
Cantidad materiales	50			Peso total	3831,98

Nota: En la tabla se muestra los pesos que diariamente elevan o manipulan los trabajadores, por lo tanto, genera fatiga a los trabajadores y que a futuro podrían desencadenar en trastornos musculo esqueléticos. Elaborado por el autor.

Tabla 4

Cantidad de perfilera para realizar el montaje de la estructura metálica del local #4

Especificación perfilera mm	Cantidad unidades	Peso x metro lineal	Largo requerido x metro lineal	Peso unitario	Peso total
Tubo de 100x100x3	8	9,17	6	55,02	440,16
Tubo de 150x100x3	2	11,6	6	69,6	139,2
Sercha 150x600x3	3	29	18	522	1566
Tubo de 75x75x3	65	6,8	6	40,8	2652
Tubo de 150x150 x6		27,5		0	0
Plancha 4mm				94	0
cantidad materiales	78			Peso total	4797,36

Nota: En la tabla se muestra los pesos que diariamente elevan o manipulan los trabajadores, por lo tanto, genera fatiga a los trabajadores y que a futuro podrían desencadenar en trastornos musculo esqueléticos. Elaborado por el autor.

Tabla 5

Cantidad de perfilera para realizar el montaje de la estructura metálica del local #5

Especificación perfilera mm	Cantidad unidades	Peso x metro lineal	Largo requerido x metro L	Peso unitario	Peso total
Tubo de 100x100x3	6	9,17	6	55,02	330,12
Tubo de 150x100x3	6	11,6	6	69,6	417,6
Sercha 150x600x3	1	29	6	174	174
Tubo de 75x75x3	14	6,8	6	40,8	571,2
Tubo de 150x150 x6	2	27,5	6	165	330
Plancha 4mm				94	0
Cantidad materiales	29			Peso total	1822,92

Nota: En la tabla se muestra los pesos que diariamente elevan o manipulan los trabajadores, por lo tanto, genera fatiga a los trabajadores y que a futuro podrían desencadenar en trastornos musculo esqueléticos. Elaborado por el autor.

Tabla 6

Cantidad de tubos con los cuales se realizó el montaje de las estructuras metálicas en los locales.

Cantidad de tubos de diámetros iguales	Unidad	Peso unitario	Peso total	Tiempo meses	Cantidad de vigas por mes	Cantidad de operarios
Tubo de 100x100x3	37	55,02	2035,74	6	6	4
Tubo de 150x100x3	17	69,6	1183,2	6	3	4
Sercha 150x600x3	7	348	2436	6	1	18
Tubo de 75x75x3	157	40,8	6405,6	6	26	3
Tubo de 150x150 x6	10	165	1650	6	2	9
Plancha 4mm	24	94	2256	6	4	6
Cantidad materiales	252		15966,54		42	

*Nota: En la tabla se muestra los pesos que diariamente elevan o manipulan los trabajadores, por lo tanto, genera fatiga a los trabajadores y que a futuro podrían desencadenar en trastornos musculo esqueléticos. **Elaborado por el autor***

Perfiles para estructura metálica para viviendas

Tabla 7

Cantidad de materiales para la fabricación y montaje de una estructura metálica para una vivienda de 15 x 6 m

Perfilería	Cantidad unidades	PesoKg x metro lineal	Largo requerido x metro L	Peso unitario Kg	Peso total Kg
Tubo de 200x200x5	4	31,3	6	187,8	751,2
Tubo de 200x100x4	8	21,4	6	128,4	1027,2
Viga I 300x135x8	9	32,6	6	195,6	1760,4
Placa 280x280x12	8	3		3	24
perno anclaje 5/8x 3	32			20	20
Plancha 4mm				94	0
Cantidad materiales	61			Peso total	3582,8

Nota: En la tabla se muestran los pesos de los materiales de una estructura metálica la cual está proyectada para construir un segundo piso, elaborado por el autor.

Tabla 8

Cantidad da material usado para la fabricación y montaje de la estructura para vivienda de 90 m2.

Especificaciones en mm de materiales	Unidad	Peso unitario Kg
Tubo de 200x200x5	1	187,8
Tubo de 200x100x4	1	128,4
Viga I 300x135x8	1	195,6
Placa 280x280x12	1	3
perno anclaje 5/8x 3	32	25
Cantidad materiales	189	

Nota: En la tabla se muestran los pesos de los materiales para una estructura metálica la cual está proyectada para construir un segundo piso, elaborado por el autor.

Análisis de riesgos laborales presentes en la empresa METALVAL

Al realizar las visitas in situ a la empresa METALVAL se evidenció que existen varios puestos de trabajo por lo que aplica la matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos NTP 330 con el fin de priorizar las medidas correctivas en los riesgos que mayor afectación tiene los trabajadores al momento de ejecutar el montaje de las vigas en locales y viviendas.

El trabajador que realiza el corte de metal se ve expuesto a diferentes peligros entre los más importantes es laceraciones por el contacto con la viga metálica esta actividad lo hace todos los días por lo tanto es catalogada como rutinaria y se valora de la siguiente manera:

$$NR = NP \times NC \quad (1)$$

Donde:

NR es el nivel de riesgo

NP es el nivel de probabilidad y

NC es el nivel de consecuencia

Cabe señalar que el NP se determina con la ecuación

$$NP = Nd \times Ne \quad (2)$$

Donde:

Nd es el nivel de deficiencia.

Ne es el nivel de exposición

$$NP = 2 \times 1$$

$$NP = 2$$

Siendo bajo el nivel de probabilidad; por lo tanto, reemplazando en la ecuación 1 se tiene

$$NR = 2 \times 10$$

NR = 20 que corresponde a un nivel de intervención IV y por lo tanto se recomienda mejorar si es posible.

Con este procedimiento se evalúa a todos los puestos de trabajo de la empresa.

Figura 4

Determinación del nivel de deficiencia

Nivel de deficiencia	ND	Significado
Muy deficiente (MD)	10	Se han detectado factores de riesgo significativos que determinan como muy posible la generación de fallos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz.
Deficiente (D)	6	Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes se ve reducida de forma apreciable.
Mejorable (M)	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo no se ve reducida de forma apreciable.
Aceptable (B)	---	No se ha detectado anomalía destacable alguna. El riesgo está controlado. No se valora.

Nota: todas las valoraciones se ajustan a una escala, la cual está dada en tablas para su respectiva valoración.

Figura 5

Determinación del nivel de exposición

Nivel de exposición	NE	Significado
Continuada (EC)	4	Continuamente. Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado.
Frecuente (EF)	3	Varias veces en su jornada laboral, aunque sea con tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	Alguna vez en su jornada laboral y con periodo corto de tiempo.
Esporádica (EE)	1	Irregularmente.

Nota: todas las valoraciones se ajustan a una escala, la cual está dada en tablas para su respectiva valoración.

Con estas tablas se califica cada puesto de trabajo dependiendo del tipo de actividad y la frecuencia con la que se realiza la misma.

Figura 6

Matriz de riesgos mecánicos NTP 330, se aplica en el montaje de vigas metálicas

EMPRESA:	METALVAL							
LOCALIZACIÓN:	CALDERON							
PROCESO:	MONTAJE DE VIGAS METALIC							
No.DE TRABAJADORES:	4							
FECHA:	17-may-23							
		PROBABILIDAD			NIVEL DE CONSECUENCIA	ESTIMACION DEL RIESGO		
RIESGO	FACTOR DE RIESGO	ND	NE	NP (ND*NE)		NR (NP*C)	NIVEL DE INTERVENCIÓN	SIGNIFICADO
RIESGOS MECÁNICOS	Cortes	2	1	2	10	20	IV	Mejorar si es posible Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
	Quemaduras	2	1	2	10	20	IV	No invertir salvo que un análisis más preciso lo justifique
	Proyección de partículas	2	3	6	25	40	III	Mejorar si es posible, sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
	Piso irregular	2	1	2	10	20	IV	No invertir salvo que un análisis más preciso lo justifique
	Máquinas desprotegidas	2	1	2	10	20	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
	Golpes	2	1	2	10	20	IV	No invertir salvo que un análisis más preciso lo justifique
	Desorden	2	1	2	10	20	III	Mejorar si es posible Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad

Nota: Se determina que existe un nivel de riesgo más alto en la proyección de partículas, máquinas desprotegidas y se observa desorden por lo se necesita tomar acciones para corregir el problema existente.

Figura 7

Se aplica la matriz de riesgos físicos NTP 330 para evaluar el montaje de vigas metálicas

EMPRESA:	METALVAL							
LOCALIZACIÓN:	CALDERON							
PROCESO:	MONTAJE DE VIGAS METÁLICAS							
No.DE TRABAJADORES:	6							
FECHA:	17-may-23							
RIESGO	FACTOR DE RIESGO	PROBABILIDAD			NIVEL DE CONSECUENCIA	ESTIMACIÓN DEL RIESGO		
		ND	NE	NP (ND*NE)		NR (NP*C)	NIVEL DE INTERVENCIÓN	SIGNIFICADO
RIESGOS FÍSICOS	Ruido	2	3	6	10	60	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
	Iluminación deficiente	2	2	4	10	40	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
	Iluminación excesiva	2	1	2	10	20	IV	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique
	Vibraciones	2	2	4	10	40	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
	Radiación solar	2	1	2	10	20	IV	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique
	Temperatura baja	2	1	2	10	20	IV	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique
	Temperatura alta	2	1	2	10	20	IV	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad

Nota: Se determina que existe un nivel de riesgo más alto en la iluminación deficiente, el ruido, y las vibraciones se deben implementar acciones para corregir el problema existente. Elaborado por el autor.

Figura 8

Se aplica la matriz de riesgos ergonómicos NTP 330 para evaluar el montaje de vigas metálicas

EMPRESA:	METALVAL							
LOCALIZACIÓN:	CALDERON							
PROCESO:	MONTAJE DE VIGAS METÁLICAS							
No. DE TRABAJADORES:	4							
FECHA:	17-may-23							
RIESGO	FACTOR DE RIESGO	PROBABILIDAD			NIVEL DE CONSECUENCIA	NR (NP*C)	ESTIMACION DEL RIESGO	
		ND	NE	NP (ND*N E)			NIVEL DE INTERVENCIÓN	SIGNIFICADO
RIESGOS ERGONOMICOS	Posturas forzadas de pie, sentado.	6	3	18	25	450	II	Corregir y adoptar medidas de control
	movimientos repetitivos	2	3	6	10	60	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
	Fuerzas de empuje y arrastre	2	3	6	10	60	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
	Levantamiento manual de cargas	6	3	18	25	450	II	Corregir y adoptar medidas de control

Nota: Se determina que existe un nivel de riesgo más alto en las posturas forzadas y el levantamiento manual de cargas, se necesita tomar acciones para corregir los problemas existentes.

Figura 9

Se aplica la matriz de riesgos químicos NTP 330 para evaluar el montaje de vigas metálicas

EMPRESA:		METALVAL						
LOCALIZACIÓN:		CALDERON						
PROCESO:		MONTAJE DE VIGAS METÁLICAS						
No.DE TRABAJADORES:		2						
FECHA:		17-may-23						
RIESGO	FACTOR DE RIESGO	PROBABILIDAD			NIVEL DE CONSECUENCIA	ESTIMACIÓN DEL RIESGO		
		ND	NE	NP (ND*NE)		NR (NP*C)	NIVEL DE INTERVENCIÓN	SIGNIFICADO
RIESGOS QUÍMICOS	Vapores o gases	2	2	4	10	40	III	Mejorar si es posible, sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
	Olores de pintura	2	2	4	10	40	III	Mejorar si es posible, sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad

Nota: Se determina que los niveles de riesgo son aceptables, no necesita tomar acciones correctivas.

Figura 10

Se aplica la matriz de riesgos sicosociales NTP 330 para evaluar el montaje de vigas metálicas

EMPRESA:		METALVAL						
LOCALIZACIÓN:		CALDERON						
PROCESO:		MONTAJE DE VIGAS METÁLICAS						
No.DE TRABAJADORES:		2						
FECHA:		17-may-23						
RIESGO	FACTOR DE RIESGO	PROBABILIDAD			NIVEL DE CONSECUENCIA	ESTIMACIÓN DEL RIESGO		
		ND	NE	NP (ND*NE)		NR (NP*C)	NIVEL DE INTERVENCIÓN	SIGNIFICADO
RIESGOS QUÍMICOS	Vapores o gases	2	2	4	10	40	III	Mejorar si es posible, sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
	Olores de pintura	2	2	4	10	40	III	Mejorar si es posible, sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad

Nota: Se determina que existe un nivel de riesgo más alto en carga física, se necesita tomar acciones para corregir los problemas existentes.

Conclusión de la exposición de los trabajadores a riesgos laborales

Una vez aplicada la matriz **IPER NTP 330** se concluye lo siguiente:

RIESGOS LABORALES	NIVEL DE RIESGO	FACTORES DE RIESGO	SIGNIFICADO	CONTROLES ESTABLECIDOS
Mecánicos	III	Proyección de partícula máquinas desprotegidas y desorden	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad	Equipos de protección personal (gafas) Uso de guardas y limpieza
Físicos	III	Ruido	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad	Equipos de protección personal (protecciones auditivas orejeras)
Ergonómicos	I	Posturas forzadas y levantamiento manual de cargas	Situación crítica. Corrección urgente	No existen

Químicos	III	Vapores, olores y gases	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad	Equipos de protección personal (mascarillas de media cara)
Psicosociales	II	Carga física	Corregir y adoptar medidas de control	No existe

Del estudio aplicado en el presente capítulo se concluye que se debe realizar una intervención en los factores de riesgo ergonómico, de manera especial se debe evitar en lo posible que el trabajador ejecute el levantamiento manual de cargas que provoca posturas forzadas en el trabajador y este tiene la mayor probabilidad y consecuencia de desarrollar enfermedades profesionales y accidentes laborales en los trabajadores de la empresa METALVAL.

Área de estudio

Dominio: Tecnología y Sociedad

Línea de investigación: Seguridad, salud laboral y ambiente

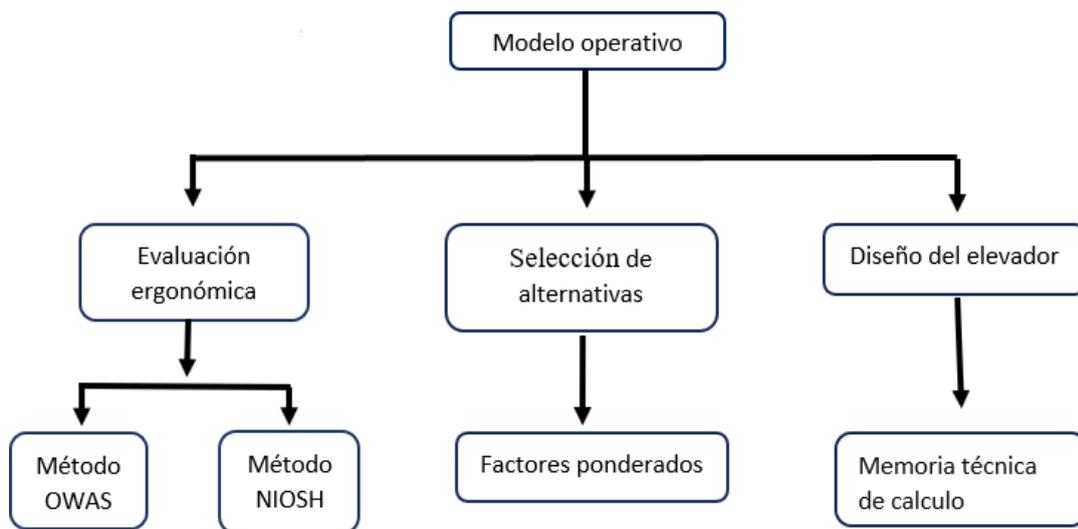
Campo: Ingeniería Industrial

Área: Empresa metalmecánica

Objeto de estudio:

Período de análisis: abril – agosto 2023

Modelo operativo



Definición del modelo operativo

Evaluación ergonómica

La evaluación ergonómica tiene por objeto detectar el nivel de presencia, en los puestos evaluados, de factores de riesgo para la aparición, en los trabajadores que los ocupan, de problemas de salud de tipo disergonómico. Existen diversos estudios que relacionan estos problemas de salud de origen laboral con la presencia, en un determinado nivel, de dichos factores de riesgo. Es por lo tanto necesario llevar a cabo evaluaciones ergonómicas de los puestos para detectar el nivel de dichos factores de riesgo. Aunque las legislaciones de cada país son más o menos exigentes, es obligación de las empresas identificar la existencia de peligros derivados de la presencia de elevados riesgos ergonómicos en sus puestos de trabajo. (Diego-Mas J. A., 2015)

Método OWAS

El método OWAS permite la valoración de la carga física derivada de las posturas adoptadas durante el trabajo. A diferencia de otros métodos de evaluación postural como RULA o REBA, que valoran posturas individuales, OWAS se caracteriza por su capacidad de valorar de forma global todas las posturas adoptadas durante el desempeño de la tarea. Como contrapartida, OWAS proporciona valoraciones menos precisas que los anteriores. Es esta capacidad de considerar múltiples posturas a lo largo del tiempo, la que hace que OWAS, a pesar de ser un método relativamente antiguo, continúe siendo en la actualidad uno de los más empleados en la evaluación de la carga postural. (Diego-Mas J. A., 2015)

Ecuación de NIOSH

Con la Ecuación de Niosh es posible evaluar tareas en las que se realizan levantamientos de carga. El resultado de la aplicación de la ecuación es el Peso Máximo Recomendado (*RWL Recommended Weight Limit*) que se define como el peso máximo que es recomendable levantar en las condiciones del puesto para evitar el riesgo de lumbalgias o problemas de espalda. Además, a partir del resultado de la aplicación de la ecuación, se obtiene una valoración de la posibilidad de aparición de trastornos como los citados dadas las condiciones del levantamiento y el peso levantado. Los resultados intermedios obtenidos durante la aplicación de la ecuación sirven de guía para establecer los cambios a introducir en el puesto para mejorar las condiciones del levantamiento. (Diego-Mas J. A., 2015)

Medidas correctivas

Estas representan propuestas para mejoras que se van a sugerir, esto luego de haber estudiado la causa de un problema que se puede dar en un puesto de trabajo en una empresa u organización. Esta busca una solución para la causa raíz al momento en que aparece en dicho proceso, el objetivo es controlar el acto inseguro para que este no afecte a la salud del trabajador.

Selección de alternativas

Se debe gestionar la seguridad y salud en las empresas mediante una evaluación de los posibles riesgos y peligros en los puestos de trabajo, con esta evaluación se pueden adoptar medidas con las cuales se puedan controlar los riesgos en cada área de trabajo estas medidas deben ser eficaces para que al momento de aplicarlas puedan minimizar o eliminar de forma definitiva las actividades inseguras.

Factores ponderados

Estos son datos que se pueden obtener mediante encuestas, registros, encontramos diferentes datos de ponderación, estos deben constar de una muestra significativa para que los resultados no arrojen resultados erróneos los cuales puedan afectar al momento de analizar los datos, este análisis cuantitativo se debe comparar entre varias alternativas para determinar las posibles soluciones.

Diseño del elevador

El diseño de productos o dispositivos es la descripción de la imaginación, se puede crear un elevador con el cual se pueda resolver un problema que se presenta al momento de realizar una actividad, debe enfocarse en la necesidad que se presenta al momento de realizar la elevación de vigas metálicas, el objetivo es resolver problemas para personas reales realizando una actividad definida.

Parámetros de diseño

El diseño es el uso de una serie de parámetros que se necesitan para buscar los materiales más idóneos con los cuales se puedan cumplir ciertos requisitos con los cuales el elevador cumpla con especificaciones técnicas necesarias para cumplir con la actividad en la que debe ser usado, estas pueden ser el ancho, profundidad, altura peso, tomando en cuenta los lugares en los cuales este debe ser usado.

Cálculo y selección

El cálculo y selección de los materiales es muy importante ya que en el mercado existe una infinidad de materiales como metales, plásticos, compuestos los cuales están a nuestra disposición, el objetivo es seleccionar los materiales con los cuales se puedan cumplir los parámetros requeridos ya que si no se cumplen al dispositivo de elevación no podrá funcionar de forma adecuada.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la propuesta

En la empresa METALVAL se cuenta con 12 trabajadores los mismos que rotan por los diferentes puestos de trabajo y por ende están expuestos a los mismos riesgos ergonómicos y es responsabilidad de los propietarios establecer medidas preventivas y correctivas que reduzcan los niveles de riesgo con el fin de garantizar el bienestar de sus colaboradores. Con el fin de evaluar el nivel de riesgo de los factores de riesgo ergonómico tales como postura laboral y el levantamiento manual de cargas se aplica el método OWAS y la ecuación de Niosh a dos operarios los cuales adoptan posturas inadecuadas producto del levantamiento de la viga metálica, este trabajo lo realizan al mismo tiempo, los dos o tres operarios ya que deben subir por una escalera para alcanzar la altura requerida y así poder colocar la viga sobre una viga principal o en una columna que tiene un ángulo de soporte para que se apoye la viga a soldar.

Evaluación ergonómica en el montaje de vigas metálicas

Método OWAS

Se aplica el método OWAS, a los operarios que realizan la elevación de carga de forma manual; para ello se explica la aplicación del método a continuación:

Se da una puntuación a la espalda observando la fotografía 1 la posición que adopta este segmento es recta, pero con giro y utilizando la tabla de evaluación de espalda siendo su valor 3.

Figura 11

Código de posturas método OWAS

Posición de la espalda	Código	Posición de los brazos	Código
Espalda derecha El eje del tronco del trabajador está alineado con el eje caderas-piernas	 1	Los dos brazos bajos Ambos brazos del trabajador están situados bajo el nivel de los hombros	 1
Espalda doblada Puede considerarse que ocurre para inclinaciones mayores de 20° (Mattila et al., 1999)	 2	Un brazo bajo y el otro elevado Un brazo del trabajador está situado bajo el nivel de los hombros y el otro, o parte del otro, está situado por encima del nivel de los hombros	 2
Espalda con giro Existe torsión del tronco o inclinación lateral superior a 20°	 3	Los dos brazos elevados Ambos brazos (o parte de los brazos) del trabajador están situados por encima del nivel de los hombros	 3
Espalda doblada con giro Existe flexión del tronco y giro (o inclinación) de forma simultánea	 4		

Tabla 2: Codificación de las posiciones de los brazos.

Nota: De acuerdo a la posición que adopta el operario se procede a la calificación.

Seguidamente se observa que tiene los brazos están elevados los dos por lo tanto su valor es 3; de igual manera sus piernas las tiene una recta y otra flexionada por lo tanto su puntuación es 3 y la carga que manipula o soporta es mayor a 10 Kg y su valor es 3.

Con estos valores obtenidos y utilizando la tabla correspondiente su valoración total es 3.

Figura 4
Categoría de riesgo por código de postura

Piernas		1			2			3			4			5			6			7		
Carga		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Espalda	Brazos																					
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
3		1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	4	4	3	4	3	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	

Nota. Al trazar con líneas sobre las valoraciones a los segmentos analizados se determina la categoría de la postura siendo su magnitud 3. Fuente www.ergonautas.com, Elaborado por el autor.

Este procedimiento se aplica a las posturas secuenciales que adopta el trabajador.

Tabla 10

Aplicación del método OWAS para la elevación de vigas metálicas

	ESPALDA	BRAZOS	PIERNAS	CARGA	PUNTUACIÓN	GRÁFICO
1	3	3	3	3	3	
2	3	3	4	3	4	
3	4	3	3	3	4	
4	3	3	3	3	3	

N.-	ESPALDA	BRAZOS	PIERNAS	CARGA	PUNTUACIÓN	GRÁFICO
5	3	3	3	3	3	
6	4	3	4	3	4	
7	3	2	3	3	3	
8	3	3	4	3	4	

N.-	ESPALDA	BRAZOS	PIERNAS	CARGA	PUNTUACIÓN	GRÁFICO
9	3	3	2	3	1	
10	2	3	3	3	3	
11	3	2	3	3	2	
12	2	3	3	3	3	
13	2	2	3	3	3	

Nota: En la tabla podemos observar las posiciones secuenciales que debe adoptar el trabajador para realizar el montaje de vigas metálicas. Elaborado por el autor.

Tabla 9

Posiciones que adopta el trabajador al realizar el levantamiento de las vigas

Tabla de puntuaciones				
1	2	3	4	
1	1	7	4	13
7,69%	7,69%	54%	31%	100%

Nota: En la tabla tenemos la cantidad de posiciones que adopta el trabajador de acuerdo a la actividad que va a realizar. Elaborado por el autor

Diagrama de pastel de las frecuencias globales de todos los segmentos del cuerpo relativas



Nota: En la figura se muestra el porcentaje de frecuencias relativas que adopta el trabajador de acuerdo a la actividad que va a realizar. Elaborado por el autor.

Una vez calculada las categorías de riesgo global es necesario determinar la frecuencia relativa por cada segmento del cuerpo; es decir, la espalda, brazos y piernas de la siguiente manera:

Frecuencia relativa de la espalda

Para realizar esta valoración se evalúa la sección vertical correspondiente a espalda.

Tabla 10

Frecuencia relativa posición de la espalda

Espalda				
1	2	3	4	
0	3	8	2	13
0,00%	23,08%	62%	15%	100%

Diagrama de pastel posición de la espalda



Nota: En la tabla podemos apreciar el porcentaje de posturas con nivel de riesgo 3 y 4 en los cuales se debe implementar medidas correctivas o preventivas para la espalda.

Elaborado por el autor.

Frecuencia relativa de brazos

Para realizar esta valoración se evalúa la sección vertical correspondiente a brazos.

Tabla 11

Frecuencia relativa para la posición de los brazos

Brazos				
1	2	3	4	
0	3	10	0	13
0,00%	23,08%	76,92%	0%	100%

Nota: En la tabla podemos apreciar el número de veces que el operario posiciona los brazos para realizar una actividad. Elaborado por el autor.

Diagrama de pastel de la posición d los brazos



Nota: En la tabla podemos apreciar el porcentaje de posturas con nivel de riesgo 3 en la que se debe implementar medidas correctivas o preventivas para brazos. Elaborado por el autor.

Frecuencia relativa de piernas

Tabla 12

Para realizar esta valoración se evalúa la sección vertical correspondiente a piernas.

Piernas				
1	2	3	4	
0	1	9	3	13
0,00%	7,69%	69,23%	23%	100%

Nota: En la tabla podemos apreciar el número de veces que el operario posiciona las piernas para realizar una actividad. Elaborado por el autor.

Diagrama de pastel de la posición de las piernas



Elaborado por el autor.

En función de la evaluación con el método OWAS se concluye que debe implementarse medidas correctivas para evitar posturas forzadas en los niveles de riesgo 3 y 4 que puede originar alguna enfermedad profesional o un accidente de trabajo al operario.

Evaluación del levantamiento manual con la Ecuación de NIOSH

Aplicación del método en la Tarea 1

La ecuación NIOSH define la forma correcta de cómo se debe elevar una carga de forma manual, la localización estándar debe ser óptima tomando en cuenta que la posición sagital no tenga giros de torso ni posturas asimétricas. El peso ideal recomendado (LC) es de 23 kg, este valor es constante. La ecuación NIOSH evalúa tareas en las cuales se realiza el levantamiento de diferentes tipos de cargas, aplicando esta evaluación podemos saber cuál es el peso máximo recomendado que puede levantar un operario sin sufrir problemas de salud. (Diego-Mas J. A., 2015). A continuación, se procede con la aplicación del método en el origen y en el destino.

Tabla 12

Tarea 1. Aplicación del método NIOSH

Variable	Tarea 1, elevar viga a 150 cm
Duración de la tarea, 8 horas	Larga
Tiempo de recuperación minutos 10	80 minutos
Peso de la carga	40 kg
Ho	35 cm
Hd	25 cm
Vo	10 cm
Vd	150 cm
Control de la carga en el destino	Si
Desplazamiento = $I \sqrt{V_o - V_d}$ D	140 cm
Asimetría Ao	30 grados
Asimetría Ad	10 grados
Frecuencia de levantamiento	1 levantamiento por minuto
Agarre	Regular

Nota: En la tabla 13 se aplicó el método NIOSH a la tarea 1. Elaborado por el autor.

Aplicación de la ecuación NIOSH en el origen

$$\mathbf{RWL_o = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM} \quad (3)$$

Donde:

RWL = Peso máximo recomendado

LC = Constante de carga **23 kg**

Factor de distancia horizontal, distancia entre el cuerpo y la carga (HM)

$$\mathbf{HM_o = \frac{25}{H}} \quad (4)$$

Si H es menor de 25 cm. Se dará a HM el valor de 1

Si H es mayor de 63 cm. Se dará a HM el valor de 0

$$HM_o = \frac{25}{35}$$

$$HM_o = 0,71$$

Factor de distancia vertical (VM)

$$\mathbf{VM = (1-0.003 |V-75|)} \quad (5)$$

En la formula Si $V > 175$ cm, se dará a VM el valor de 0

$$VM = 1-0,003 |10-75|$$

$$VM_o = 0,81$$

Factor de desplazamiento vertical (dM)

$$DM = 0.82 + (4.5/D) \quad (6)$$

Desplazamiento

$$D = |V_o - V_d| \quad (7)$$

Si $D \leq 25$ cm = le damos a DM el valor de 1, D no puede ser mayor a 175 cm

$$DM = 0.82 + (4.5/140)$$

$$DM_o = 0,85$$

Factor de asimetría (AM)

$$AM = 1 - (0.032 * A) \quad (8)$$

Si $A > 135^\circ$ le damos a AM el valor de 0

$$AM = 1 - (0.032 * 10)$$

$$AM = 0,97$$

Factor de frecuencia (FM)

1 levantamiento x minuto, duración larga.

Agarre regular $V_o < 75$ en tabla del método se obtiene

$FM_o = 0,75$

Factor de agarre (CM)



Nota: esta información fue sacada de la página argonautas. (Diego-Mas J. A., 2015)

CMo = 0,95 En tabla del método

Con los datos obtenidos se calcula el peso máximo recomendado en el origen

$$\mathbf{RWLo = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM}$$

$$RWLo = 23Kg \times 0,71 \times 0,81 \times 0,85 \times 0,90 \times 0,75 \times 0,95$$

$$\mathbf{RWLo = 7,21Kg}$$

$$\mathbf{IL = Peso de la carga levantada / RWL}$$

$$IL = 40Kg / 7,21Kg$$

$$\mathbf{IL = 5,55}$$

Aplicación de la ecuación NIOSH en el destino

$$HMd = 25/25$$

$$HMd = 1$$

$$VMd = 1 - 0,003 |150 - 75|$$

$$VMd = 0,78$$

$$DMo = 0,82 + (4,5/140)$$

$$DMo = 0,85$$

$$AMo = 1 - (0,032 * 10)$$

$$AMo = 0,90$$

1 levantamiento x minuto, duración larga.

$$FMo = 0,75$$

Agarre regular $V_o < 75$

$$CMo = 0,95$$

$$RWLd = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

$$RWLd = 23Kg \times 1 \times 0,78 \times 0,85 \times 0,90 \times 0,75 \times 0,95$$

$$RWLd = 9,78Kg$$

$$IL = \text{Peso de la carga levantada} / RWL$$

$$IL = 40Kg / 9,78Kg$$

$$IL = 4,1$$

Comparar el resultado del origen con el destino

Índice de levantamiento origen, **IL = 5,55**

Índice de levantamiento destino, **IL = 4,1**

Podemos concluir que el peso más adecuado que un operario puede levantar en una jornada de trabajo es de **4,1kg > 3 kg**

Por lo tanto, al comprobar este valor con los límites máximos de levantamiento que maneja el método el riesgo al cual están expuestos los trabajadores les va a ocasionar a futuro problemas musculo esqueléticos.

Aplicación del método en la Tarea 2

Tabla 13

Tarea 2, aplicación de la ecuación de NIOSH

Variable	Tarea 2, elevar viga a 150 cm
Duración de la tarea, 8 horas	Larga
Tiempo de recuperación 10 minutos	80 minutos
Peso de la carga	40 kg
Ho	25 cm
Hd	20 cm
Vo	160 cm
Vd	100 cm
Control de la carga en el destino	Si
Desplazamiento D = $ V_o - V_d $	60 cm
Asimetría Ao	15 grados
Asimetría Ad	100 grados
Frecuencia de levantamiento	1 levantamiento por minuto
Agarre	Regular

Nota: Datos tomados in situ para la tarea 2. Elaborado por el autor.

Aplicación de la ecuación NIOSH en el origen de la tarea 2

$$HMo = 25/H$$

$$HMo = 25/25$$

$$HMo = 1$$

$$VMo = 1 - 0,003 |160 - 75|$$

$$VMo = 0,75$$

$$D = |Vo - Vd|$$

$$D = |160 - 100| = 60$$

$$DMo = 0,82 + (4,5/60)$$

$$DMo = 0,90$$

$$AMo = 1 - (0,032 * A)$$

$$A_{mo} = 1 - (0,032 * 15)$$

$$AMo = 0,96$$

1 levantamiento x minuto, duración larga.

$$FMo = 0,75$$

Agarre regular $V_o < 75$

$$CMo = 0,95$$

Reemplazando los valores hallados en la fórmula

$$RWLo = 23Kg \times 1 \times 0,75 \times 0,90 \times 0,96 \times 0,75 \times 0,95$$

$$RWLo = 10,72Kg$$

IL = Peso de la carga levantada / RWL

$$IL = 40Kg / 10,72Kg$$

$$IL = 3.73$$

Aplicación de la ecuación NIOSH en el destino de la tarea 2

$$HMd = 25/H$$

$$HMd = 25/20$$

$$HMd = 1,25$$

$$VMd = 1 - 0,003 |150-100|$$

$$VMd = 0,85$$

$$D = |Vo-Vd|$$

$$D = |160-100| = 60$$

$$DMo = 0.82 + (4.5/60)$$

$$DMo = 0,90$$

$$AMo = 1 - (0.032 * 100)$$

$$AMo = 0,68$$

1 levantamiento x minuto, duración larga.

$$FMo = 0,75$$

Agarre regular $V_o < 75$

$$CMo = 0,95$$

Aplicamos los valores hallados en la formula

$$RWLo = 23Kg \times 1,25 \times 0,85 \times 0,90 \times 0,68 \times 0,75 \times 0,95$$

$$RWLo = 10,66 \text{ Kg}$$

$IL = \text{Peso de la carga levantada} / RWL$

$$IL = 40Kg / 10,66Kg$$

$$IL = 3,75$$

Comparar el resultado del origen con el destino

Índice de levantamiento origen, **IL = 3,73**

Índice de levantamiento destino, **IL = 3,75**

Podemos concluir que el peso más adecuado que un operario puede levantar en una jornada de trabajo es de **3,73 Kg > 3**

Por lo tanto, al comprobar este valor con los límites máximos de levantamiento que maneja el método el riesgo al cual están expuestos los trabajadores les va a ocasionar a futuro problemas musculo esqueléticos.

Conclusión de la evaluación de levantamiento manual de cargas con la ecuación de Niosh

En las dos tareas evaluadas se evidencia que existe riesgo alto para los trabajadores por lo que es necesario instalar medidas correctivas en el montaje de las vigas y al no poder utilizar otra ayuda mecánica como una grúa se propone diseñar un elevador para vigas y usarlo en espacios reducidos con el fin de reducir el nivel de riesgo de enfermedades profesionales y accidentes de trabajo.

Selección de alternativas mediante la metodología de factores ponderados

A continuación, se presenta dos opciones que serán evaluadas mediante parámetros de selección que permitan seleccionar la opción que mejor respondan a éstos.

Elevador: Opción 1

Figura 12

Elevador accionado con malacate



Nota: Este elevador tiene como inconveniente principal la estabilidad lo que puede ocasionar vuelcos y daños irreparables, Tomado de catálogo en la web

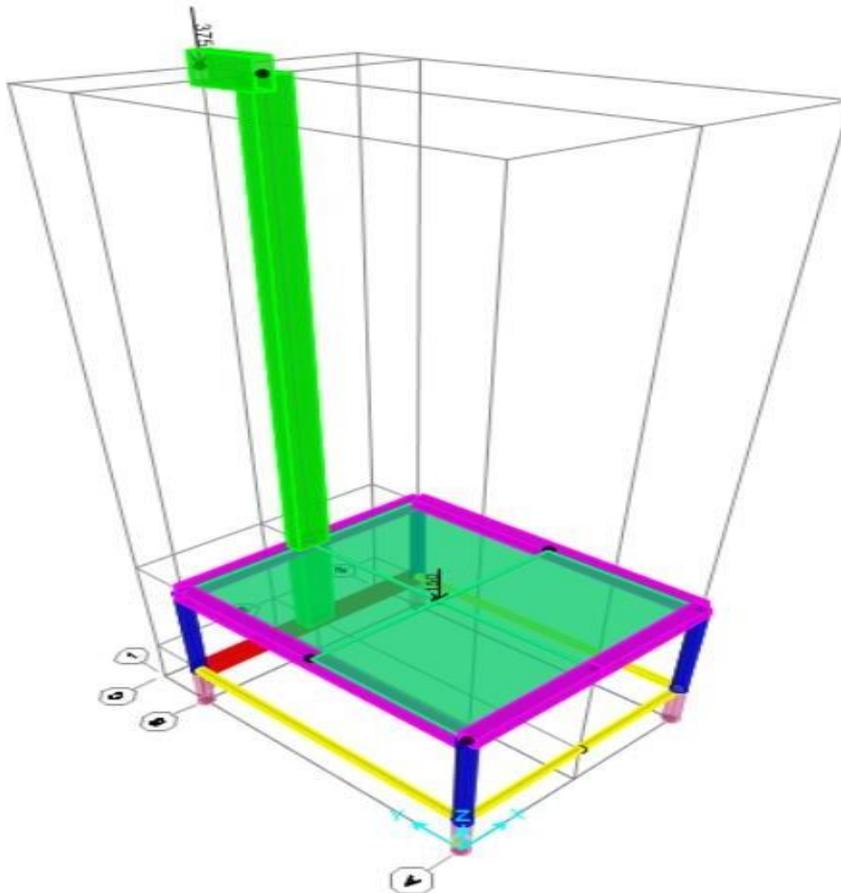
Características

Características	
Capacidad de carga	680 kg
Estructura	Desmontable
Dimensiones base y altura	1.5 x 1.5 x 3
Peso del elevador	170 kg
Estabilidad	Estable
Maniobrabilidad	Buena

Elevador: Opción 2

Figura 13

Elevador con mesa de contrapeso



Nota: Este elevador utiliza una mesa con contrapeso a la carga aplicada dando estabilidad y rigidez. Elaborado por el autor

Características

Características	
Capacidad de carga	375 kg
Estructura	Desmontable
Dimensiones base y altura	0.85 x 1.0 x 3 m
Peso del elevador	90 kg
Estabilidad	Estable
Maniobrabilidad	Excelente

Calificación de alternativas

Para poder realizar la comparación con los factores ponderados usamos las características de las opciones 1 y 2.

Tabla 14

Indicadores de valoración

Indicadores de valoración	
Indicadores	Valor
Muy satisfactorio	3
Satisfactorio	2
Poco satisfactorio	1

Nota: En la tabla se muestra los indicadores de valoración de los parámetros de selección y realizar la comparación entre las opciones planteadas. Elaborado por el autor.

Parámetros de selección para la alternativa a elegir

Capacidad de carga: se busca que el elevador tenga una capacidad de 300 kg.

Dimensiones: el elevador debe tener dimensiones de 1m de largo y que permita elevar las vigas a tres m de alto con el fin de transportarlo en espacios reducidos.

Peso: Con el fin de transportarlo debe ser desarmable sus partes constitutivas.

Estabilidad: Este es un parámetro importante ya que debe ser capaz de mantenerse en equilibrio y evitar vuelcos en todos los ejes.

Maniobrabilidad: El elevador debe brindar facilidades de moverlo en el sentido que se lo requiera.

Accesibilidad: El elevador debe ser accesible económicamente para su construcción y utilizable en espacios reducidos en varios pisos.

Evaluación de las alternativas

Tabla 15

Matriz de factores ponderados para la selección del elevador adecuado para el izaje de vigas metálicas

Parámetros de selección	Ponderación %	Opción 1, Elevador Sumner	Opción 2, Propuesta del elevador
Capacidad de carga	10	30	20
Dimensiones	15	15	45
Peso de estructura	25	25	75
Estabilidad	15	30	45
Maniobrabilidad	10	20	30
Accesibilidad	25	25	75
Total %	100	145	290

Nota: Se aplico la matriz de factores ponderados para conocer cuál es la mejor opción entre los elevadores comparados. Elaborado por el autor.

Selección de la opción que mejor responde a los parámetros.

Una vez que se realizó la evaluación de parámetros de selección se decide diseñar la opción 2 que responde a un elevador con mesa de contrapeso la misma que a continuación se diseña.

Diseño del elevador con mesa de contrapeso

Parámetros del diseño

Material ASTM A-36

Propiedades mecánicas del material

Esfuerzo de fluencia $S_y = 250$ MPa

Módulo de elasticidad $E = 200$ GPa

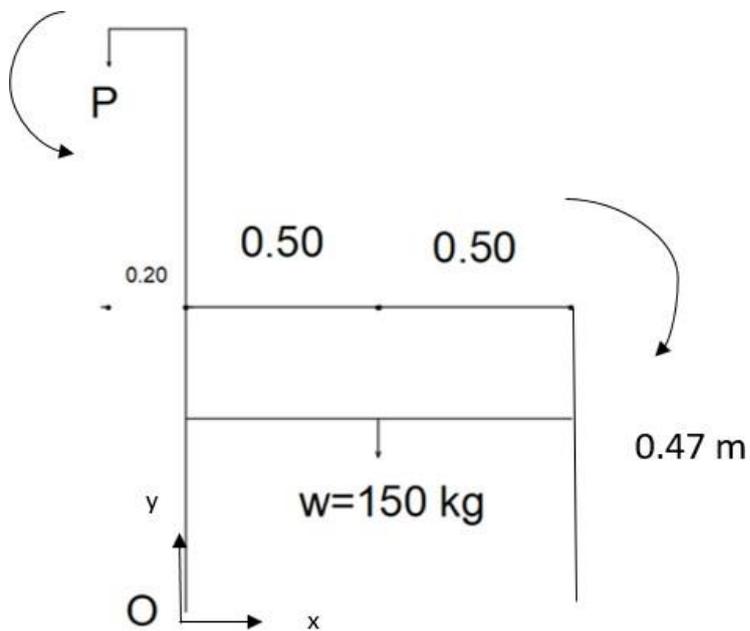
Dimensiones del elevador

Largo = 1m

Ancho = 0,86m

Alto = 0,47m

Diagrama del cuerpo libre (DCL) del elevador



$$\Sigma F_x = 0 \quad (9)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad (10)$$

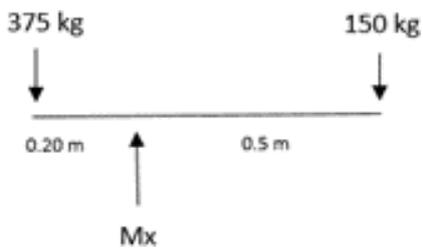
$$\Sigma M_o = 0 \quad (11)$$

$$P * 0,20 \text{ m} - 150 \text{ Kg} * 0,5 \text{ m} = 0$$

$$P = \frac{150 \text{ Kg} * 0,5 \text{ m}}{0,20 \text{ m}}$$

$$P = 375 \text{ Kg}$$

Comprobación de equilibrio del elevador



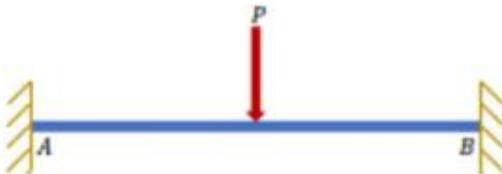
$$375 * 0,2 = 150 * 0,5$$

75 kg.m = 75 Kg.m por lo tanto el sistema se encuentra en equilibrio es decir es estable

Diseño de la viga que soporta mayor esfuerzo

Cálculo de la viga (RESISTENCIA)

Diagrama de cuerpo libre de la viga



Para el tipo de carga y empotramientos a los que se someterá la sección de la viga donde se instalará el pedestal y el material a utilizar se aplica las siguientes ecuaciones: Nm

$$M_{\text{máx}} = -\frac{PL}{8} \quad (12)$$

Dónde:

P es la carga por aplicarse en la viga que resulta de la sumatoria de w_m que es el peso del material $13,56 \text{ kg} = 133,02 \text{ N}$ y P_e es la carga efectiva aplicada $375 \text{ kg} = 3678,75 \text{ N}$ dando un total $3811,77 \text{ N}$ y L es la longitud de la viga,

Por lo tanto, reemplazando P en la ecuación 12 se tiene que el momento máximo es

$$M_{\text{máx}} = \frac{-3811,77N \cdot 1}{8}$$

$$M_{\text{máx}} = -476,47 \text{ Nm}$$

Cálculo de la fuerza cortante V

$$V = \frac{P}{2} \tag{13}$$

$$V = \frac{3811,77 \text{ N}}{2}$$

$$V = 1905,9 \text{ N}$$

Diagrama de cortante

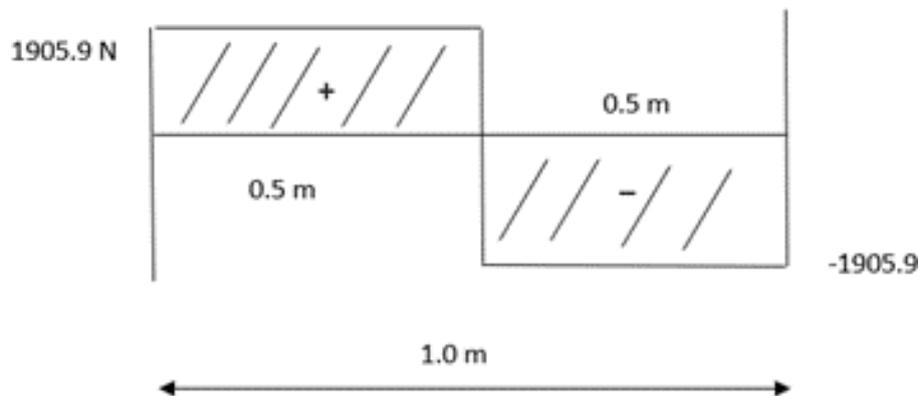
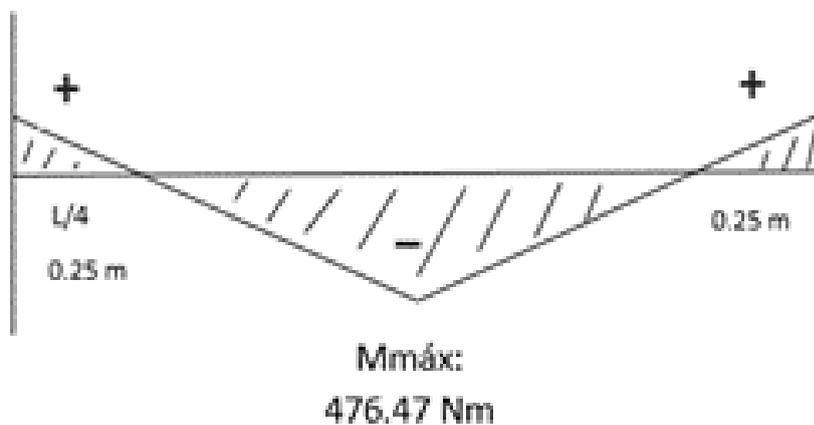


Diagrama de Momento flector



Cálculo de momentos a los extremos de la viga

$$M = \frac{b \cdot h}{2}$$

$$M = \frac{-0,25m \cdot 1905,85N}{2}$$

$$M = 238,23Nm$$

Al comparar los momentos presentes en la viga se toma el de mayor magnitud siendo este $-476,47 Nm$.

Con los datos obtenidos se procede a la selección del perfil a utilizarse para la viga y utilizando el modelo matemático para el esfuerzo de flexión se tiene:

$$\sigma_f = \frac{M_{\text{máx}}}{S_{\text{req}}} \quad (14)$$

Donde:

σ_f = Esfuerzo de flexión

$M_{\text{máx}}$ = Momento máximo

S_{req} = Módulo de sección

Para buscar la sección del material se parte con una imposición del factor de seguridad de $n = 2$ y aplicando la fórmula que considera la resistencia de fluencia S_y del material A36 = 250 MPa se obtiene:

$$\sigma_f = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_f = \frac{250MPa}{2}$$

$$\sigma_f = 125MPa$$

Despejando el módulo de sección de la ecuación 14 se tiene

$$S_{req} = \frac{476,47 Nm}{12510^{-6} \frac{N}{m^2}}$$

$$S_{req} = 3,81 \times 10^{-6} m^3 \left| \frac{100^3 cm^2}{1 m^3} \right|$$

$$S_{req} = 3,81 cm^3$$

Con este valor en el catálogo de Dipac se busca un perfil que cumpla con este módulo de sección; para ello se buscan opciones en tubo rectangular, cuadrado o tubular.

$$\begin{aligned} 14,13 cm^4 \quad & tubo = 60 \times 40 \times 1,5 \rightarrow 2,57 \\ 11,06 cm^4 \quad & \left\{ \begin{array}{l} tubo = 50 \times 2 \rightarrow 2,96 \\ tubo = 50 \times 1,5 \rightarrow 2,31 \end{array} \right. \end{aligned}$$

Una vez realizada las interacciones correspondientes el material seleccionado es un tubo rectangular de 60 x 40 mm en un espesor de 1,5 mm que corresponde a un módulo de sección de 4,9 cm³ y al hacer un recálculo con este perfil se tiene:

$$\sigma_f = \frac{M_{\max}}{S_{req}}$$

$$\sigma_f = \frac{476,47 Nm}{4,9 \times 10^{-6} m^3}$$

$$\sigma_f = 97,238 MPa$$

Con este esfuerzo de flexión se recalcula el factor de seguridad que brinda el material y garantiza el diseño es.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_f} \tag{15}$$

Donde:

n es el factor de seguridad

S_y = Resistencia a la fluencia

$$n = \frac{250 \text{MPa}}{97,238 \text{MPa}}$$

$n = 2,57$ que de acuerdo con el criterio ingenieril debe ser mayor a 1 para que no falle por fluencia y rotura.

Cálculo de la viga (RIGIDEZ)

$$\delta = \frac{PL^3}{192EI} \quad (16)$$

Donde:

δ = Rigidez del perfil

P = Carga a aplicarse en el material

E = Módulo de elasticidad

I = Momento de inercia del material

$$\delta = \frac{3811,77 \text{N} (1)^3 \text{m}^3}{192 * 200 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 1,143 \times 10^{-7} \text{m}^4}$$

$$\delta = 7,03 \times 10^{-4} \text{m}$$

$$\delta = 0,7 \text{mm}$$

Cabe mencionar que por temas constructivos el pedestal va a ir sodado en dos vigas lo que hace que la deformación se reduzca a la mitad es decir 0,35 mm

Comprobando con el límite de deflexión máxima se tiene

$$\delta < \frac{L}{360} \quad (17)$$

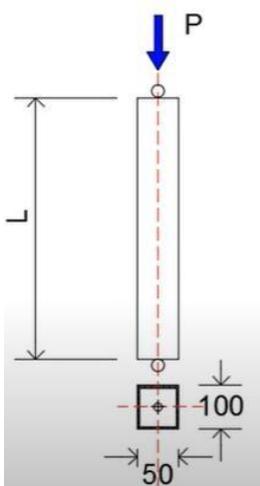
$$0,35 < \frac{100}{360}$$

0,35 < 0,36 es ok

Cálculo de la columna (Pedestal)

Parámetros de diseño

Se utiliza un material ASTM A36 con $F_y = 2530 \frac{kg}{cm^2}$ de dimensiones 100x50x2 mm



$K = 2,1$ Es el factor por el que se debe multiplicar la longitud de la columna para para obtener la longitud efectiva según la condición de apoyo.

Radio mínimo de giro = 3,61 cm \rightarrow 1,42 plg

Área del perfil seleccionado $A = 5,74 \text{ cm}^2 \rightarrow 0,89 \text{ plg}^2$

Inercia del perfil de 100x50x2 mm $\rightarrow I = 74,94 \text{ cm}^4$

Módulo de sección del perfil $Z = W = 14,99 \text{ cm}^3$

Dimensiones

$$L = 3 \text{ m} \left| \frac{1 \text{ plg}}{0,0254} \right| = 118,11 \text{ plg}$$

$$P = 375 \text{ Kg} * 9,81$$

$$P = 3678,75 \text{ N} \left| \frac{1 \text{ Kg}}{9,81 \text{ N}} \right| \left| \frac{2,204 \text{ lb}}{1 \text{ Kg}} \right| = 826,5 \text{ lb}$$

Longitud efectiva de la columna

$$L_e = K * L$$

$$L_e = 2,1 * 118,11$$

$$L_e = 248,03 \text{ plg}$$

Esbeltez (γ)

$$\gamma = \frac{KL}{r}$$

$$\gamma = \frac{248,03}{1,42}$$

$$\gamma = 174,67$$

Ecuación de Euler

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{(174,67)^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 * 29000 \text{ Ksi}}{(42,1)^2}$$

$$F_e = 9,38 \text{ Ksi} \quad 9.38$$

Esfuerzo crítico

$$F_{cr} = [0,628 \left(\frac{F_y}{F_e}\right)] F_y$$

$$F_{cr} = (0,628^{0,38}) 36 \text{ Ksi}$$

$$F_{cr} = 6,04 \text{ Ksi}$$

Carga nominal

$$P_n = A_g * F_{cr}$$

$$P_n = 0,89 \text{ plg}^2 * 6,04 \text{ Ksi}$$

$$P_n = 5,37 \text{ Klb}$$

Factor de resistencia por pandeo

$$P_d = \phi * P_n$$

$$P_d = 0,85 * 5,37 \text{ Klb}$$

$$P_d = 4,56 \text{ Klb} \quad 4.56$$

Carga de diseño

$$P_d \geq P_u$$

$$4,56 \text{ Klb} \geq 0,8265 \text{ Klb}$$

Comprobación del diseño con el programa SAP 2000

Memoria técnica

A continuación, presentamos el diseño y cálculo de un elevador de carga adecuado para realizar el levantamiento de vigas metálicas en lugares en los cuales no tiene acceso una grúa hidráulica.

Introducción

La presente memoria busca describir y detallar los criterios de diseño, materiales, consideraciones y concepción estructural, así como las hipótesis de carga tanto gravitacionales y el análisis y diseño de los elementos estructurales.

Objetivo

- Determinar las condiciones para que, satisfaciendo a los requerimientos y se puedan cumplir con los parámetros requeridos por la NEC y otras normas

Normas utilizadas

Las siguientes son las principales normativas que se tomaron en cuenta para el diseño estructural:

- NEC, Norma Ecuatoriana de la Construcción: NEC-SE-CG: Cargas (No sísmicas), NEC-SE-DS: Peligro Sísmico y Diseño Sismorresistente
- NEC-SE-AC: Estructuras de Acero, NEC-SE-GC: Geotecnia y Cimentaciones, NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m.
- ACI, American Concrete Institute, ACI 318-14: Building Code Requirements for Structural Concrete.
- ACI, American Concrete Institute, ACI 352R-02: Recommendation for Design for Beam Column Connections in Monolithic Reinforced Concrete Structures.

- AISC, American Institute of Steel Construction, AISC 360-10: Specification for Structural Steel Buildings.

También se consideró las recomendaciones estipuladas en NEC 15 capítulo 4 para una adecuada distribución del en acero de confinamiento con espaciamientos adecuados en las zonas críticas tanto para vigas y columnas.

La NEC 15-SE, peligro sísmico se tomó en cuenta para el análisis y evaluación de la estructura producida por fuerzas horizontales debidas a un evento sísmico.

Combinación de cargas

Las combinaciones adoptadas están basadas en la norma NEC _SE_CG (Cargas no Sísmicas). Siendo las más críticas las combinaciones que contengan carga muerta, viva y sismo.

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L + 0,5 Max [Lr; S; R]
- 1,2D + 1,6 max [Lr; S; R] + MAX [L; 0,5W]

Dónde:

- D Carga permanente
- L Sobrecarga (carga viva)
- Lr Sobrecarga de cubierta (carga viva)
- W Carga de viento

Diseño estructural

Para el análisis estructural se realizó un modelo computacional en el programa sap 2000, definiendo materiales y secciones de los elementos utilizados en el prediseño y diseño definitivo, para que el modelo se acerque lo más posible a la realidad.

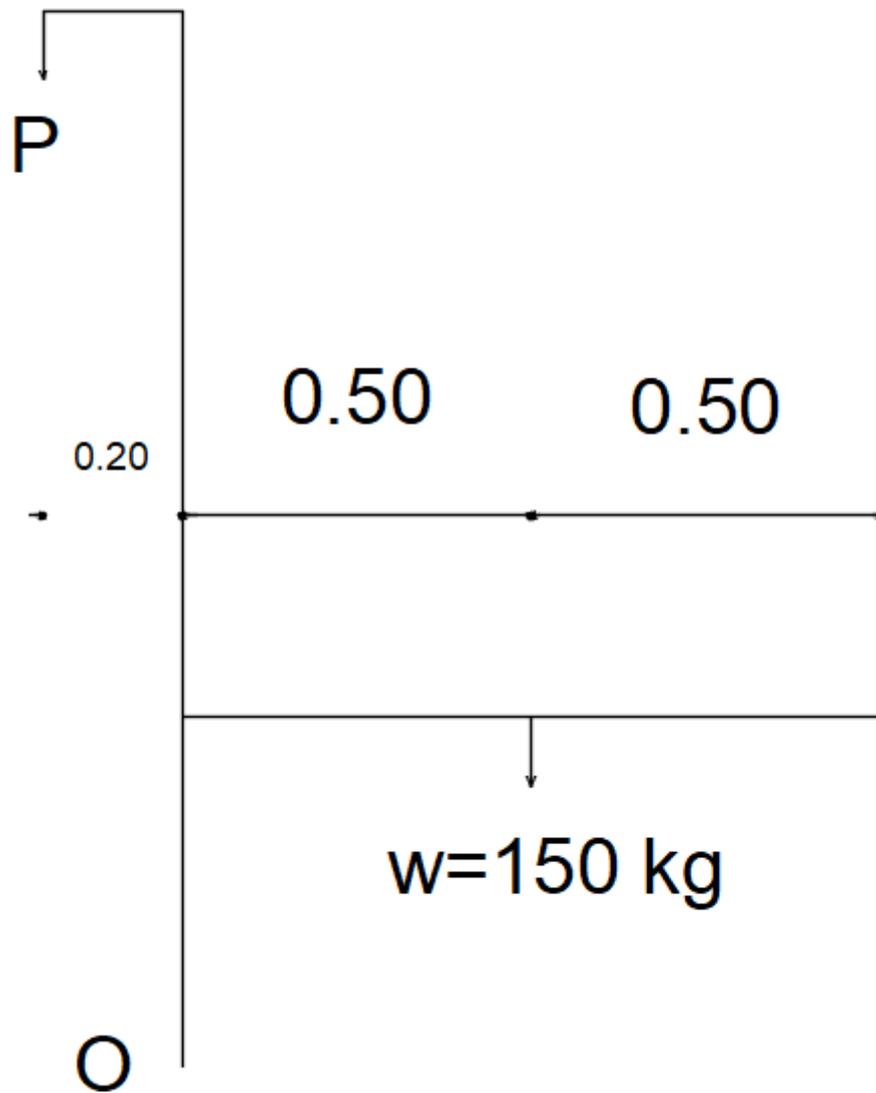
Para el análisis se consideran principalmente los siguientes parámetros:

- Desplazamientos relativos de la estructura.
- Distribuciones de fuerzas horizontales
- Deformaciones puntuales de los elementos más exigidos, de grandes luces y voladizos.
- Acciones generadas en los elementos más exigidos.

Cargas

Análisis de estabilidad

Momento alrededor de O



$$P * 20 - W * 50 = 0$$

$$P = \frac{150 * 50}{20}$$

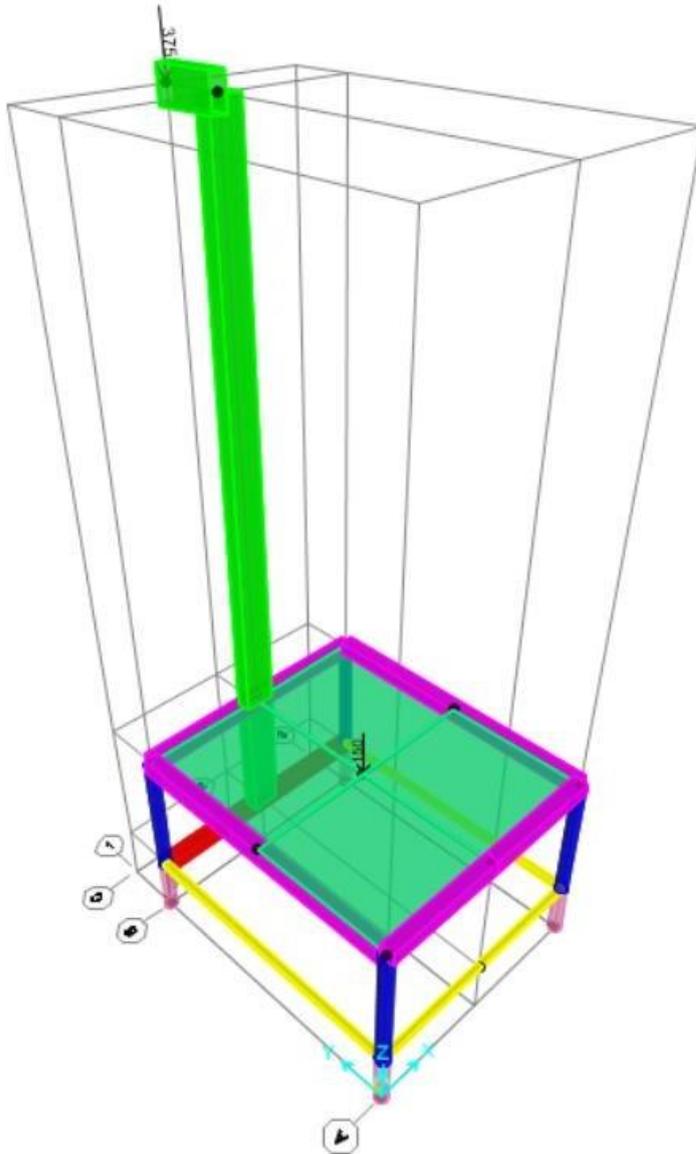
$$P = 375 \text{ kg}$$

Modelo en sap2000

Las siguientes figuras muestran plantas tipo y modelo 3D de la estructura dentro del programa de modelación SAP2000.

Figura 14

Modelado del dispositivo



Material definido

Se define las propiedades mecánicas del material a utilizar

Figura 15

S Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color	A36
Material Type	Steel
Material Grade	Grade 36
Material Notes	Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume	7849,0476
Mass per Unit Volume	800,3801

Units

Kgf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E	2,039E+10
Poisson, U	0,3
Coefficient Of Thermal Expansion, A	1,170E-05
Shear Modulus, G	7,842E+09

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy	25310507,
Minimum Tensile Stress, Fu	40778038,
Expected Yield Stress, Fye	37965760,
Expected Tensile Stress, Fue	44855842,

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Secciones

Se define la sección del material a utilizar en el diseño, para este caso un tubo cuadrado de 38mm con un espesor de 2mm

Figura 16

Asignación de materiales

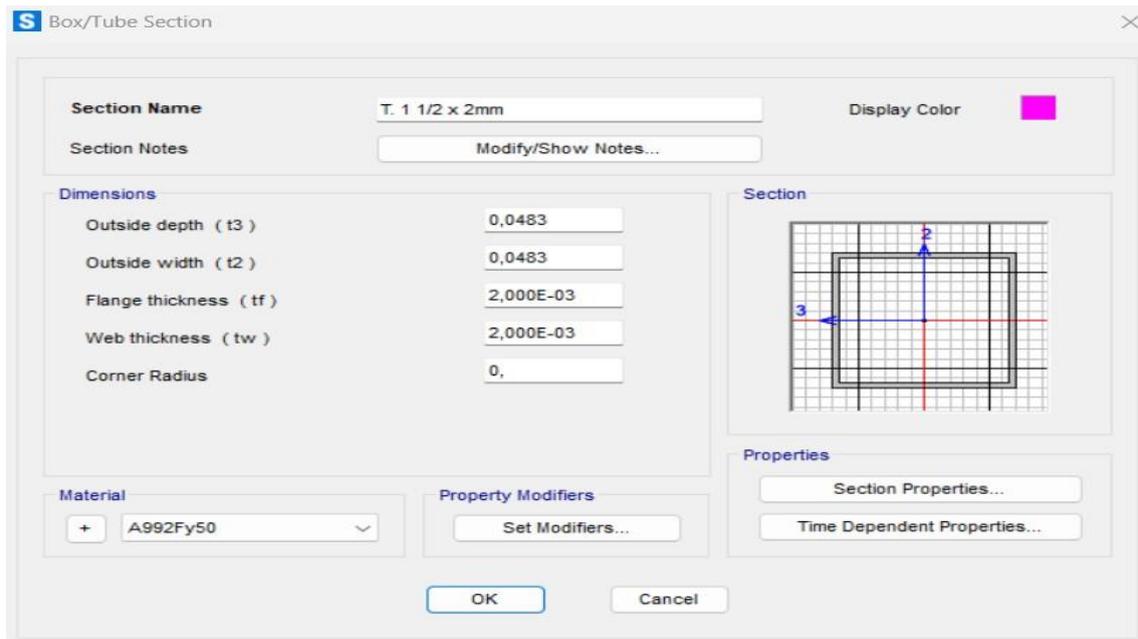


Figura 17

Asignación de materiales

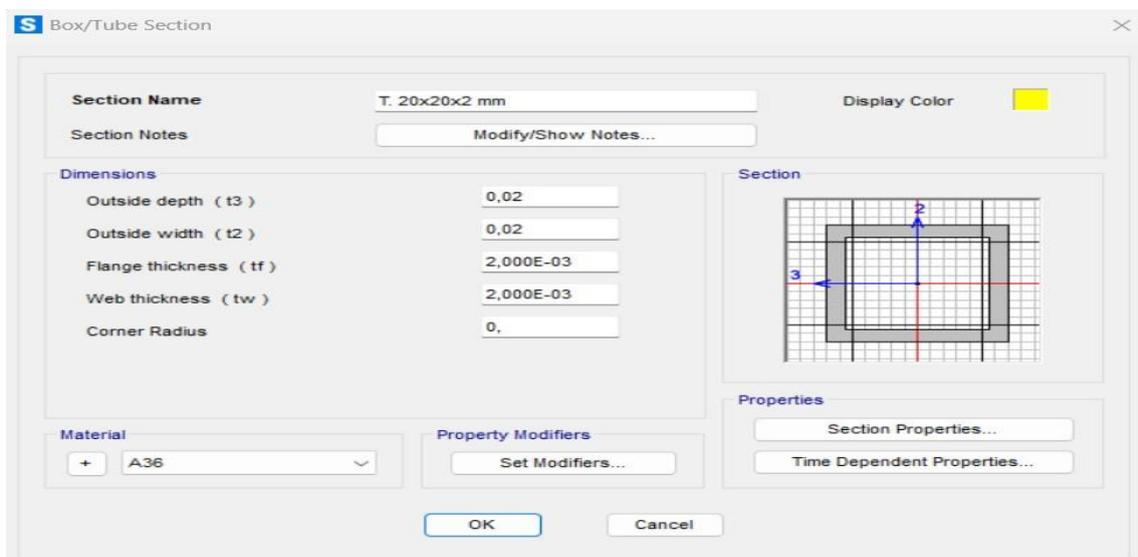


Figura 18

Asignación de materiales

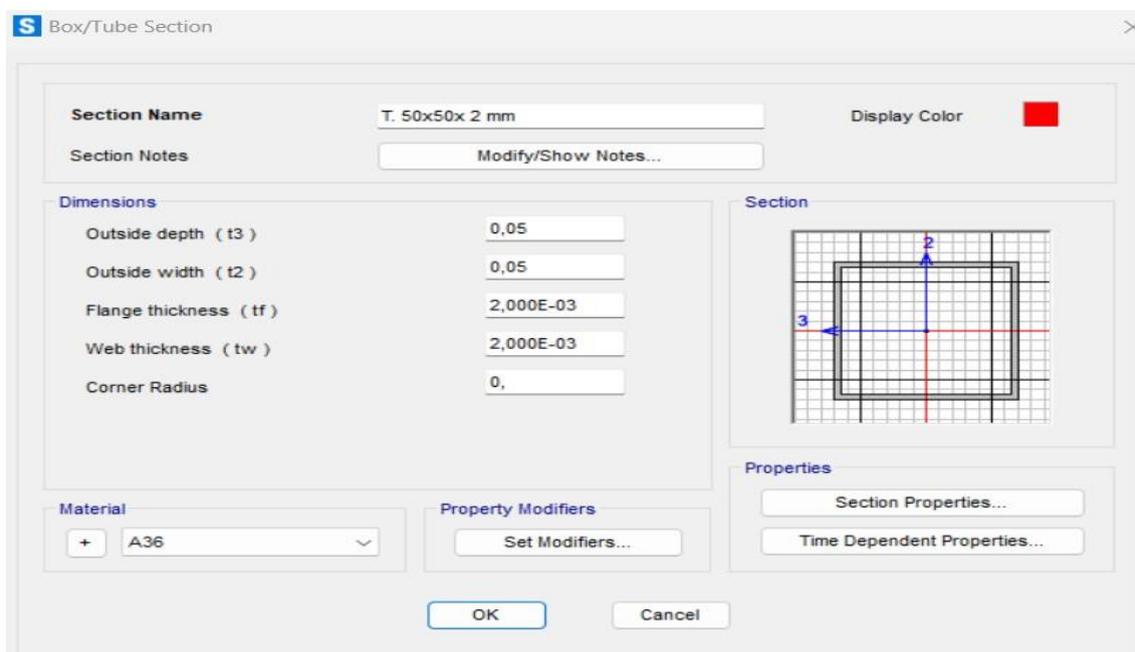


Figura 19

Asignación de materiales

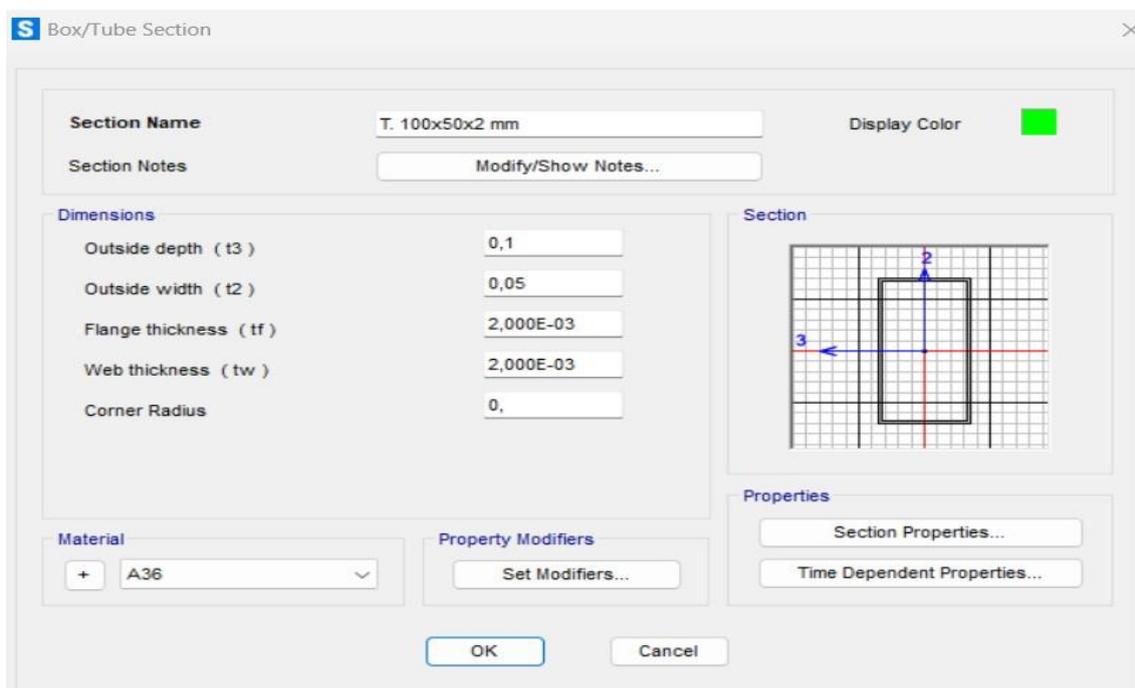


Figura 20

Asignación de materiales

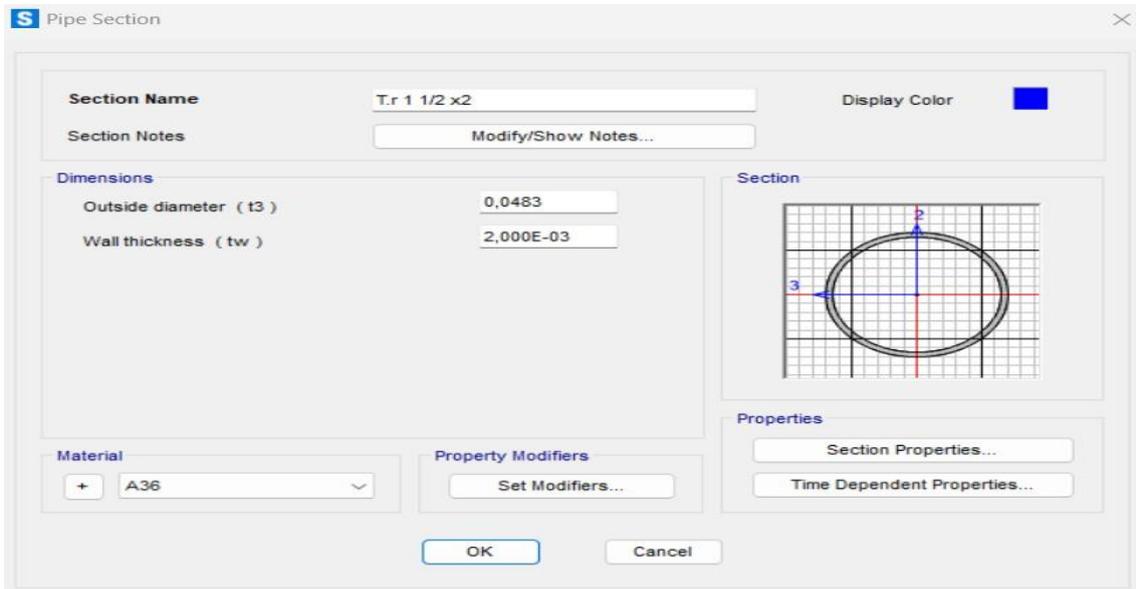
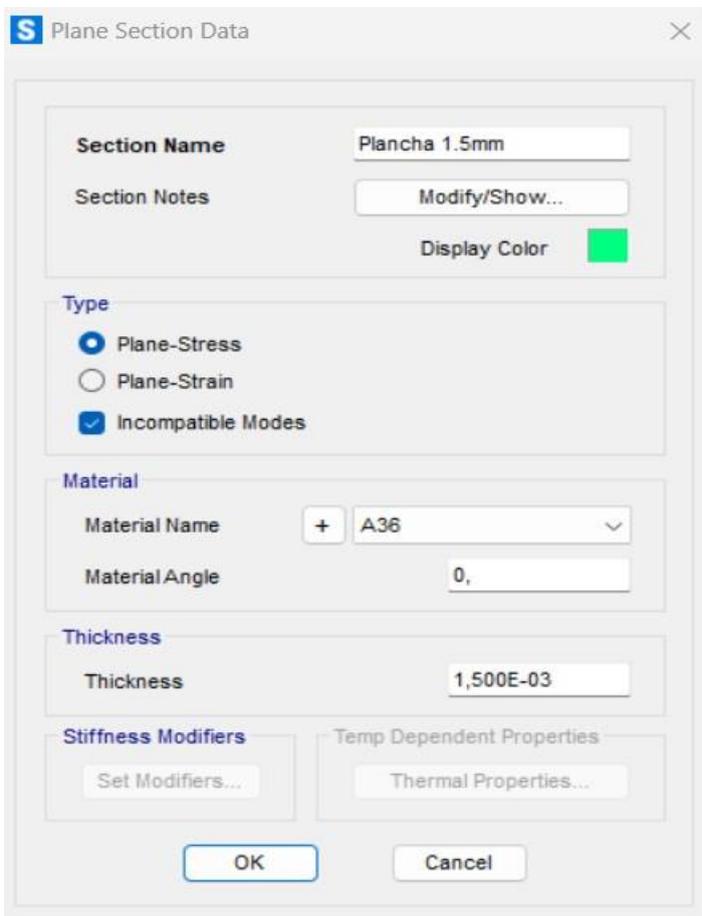


Figura 21

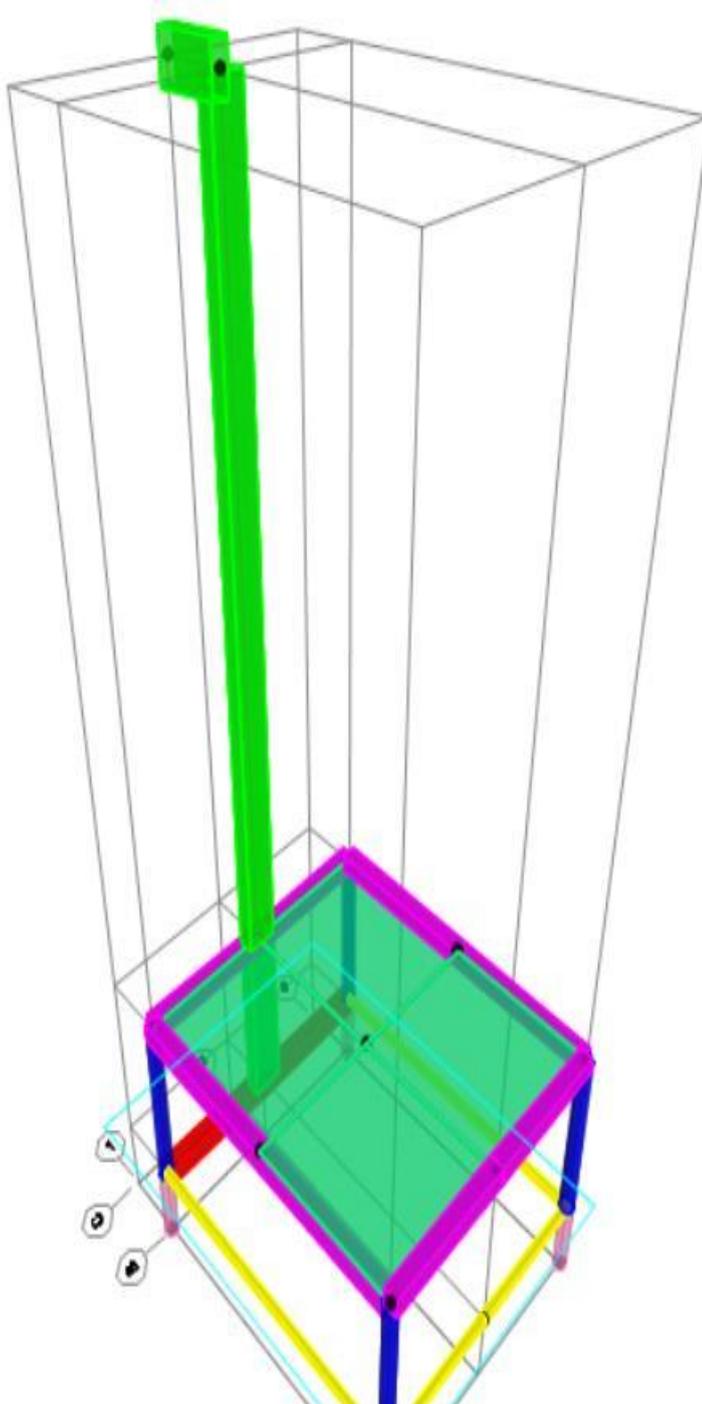
Asignación de materiales



Conformación de la estructura

Figura 23

Modelado del dispositivo



Asignación de cargas y combinaciones

Figura 24

En las siguientes imágenes se podrá ver la asignación de carga puntual

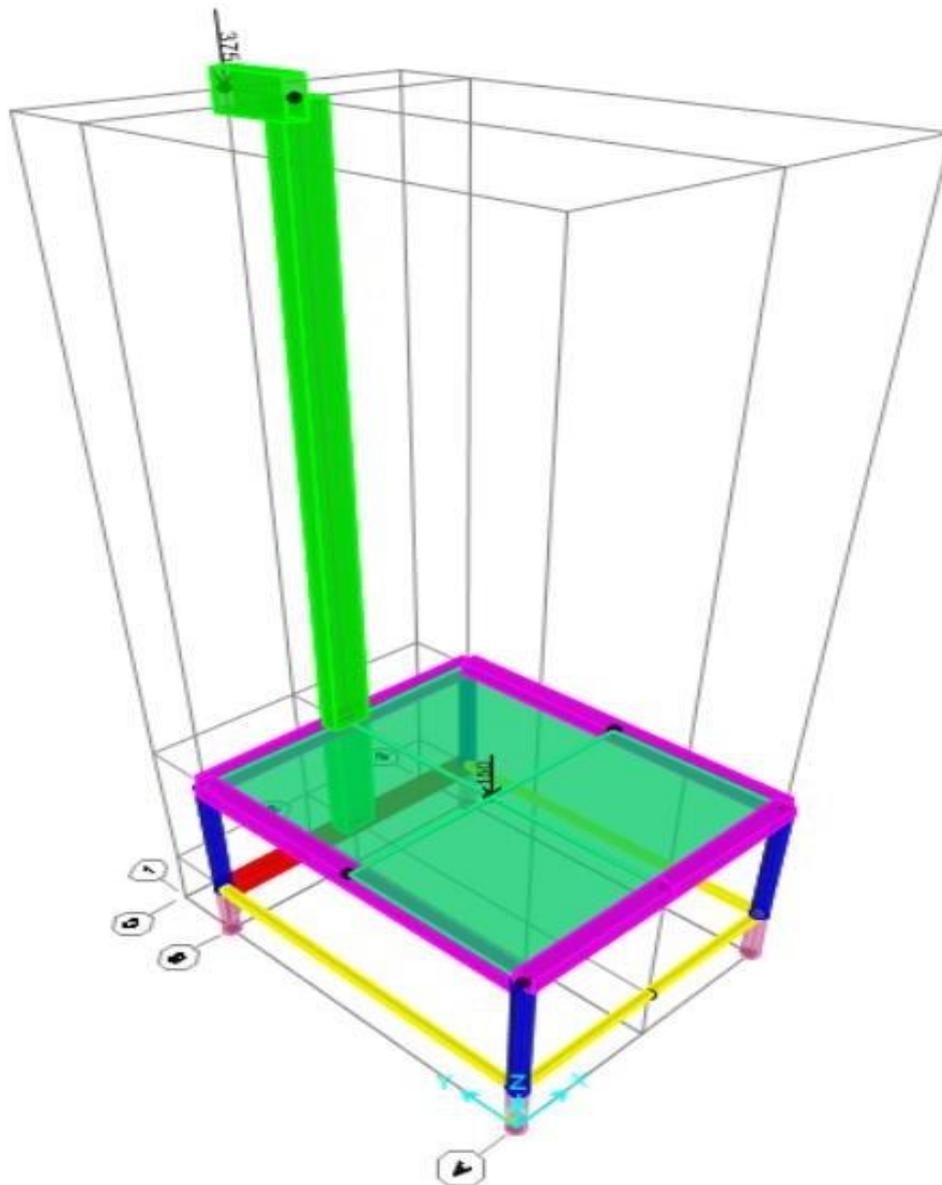


Figura 25

Asignación de cargas puntuales

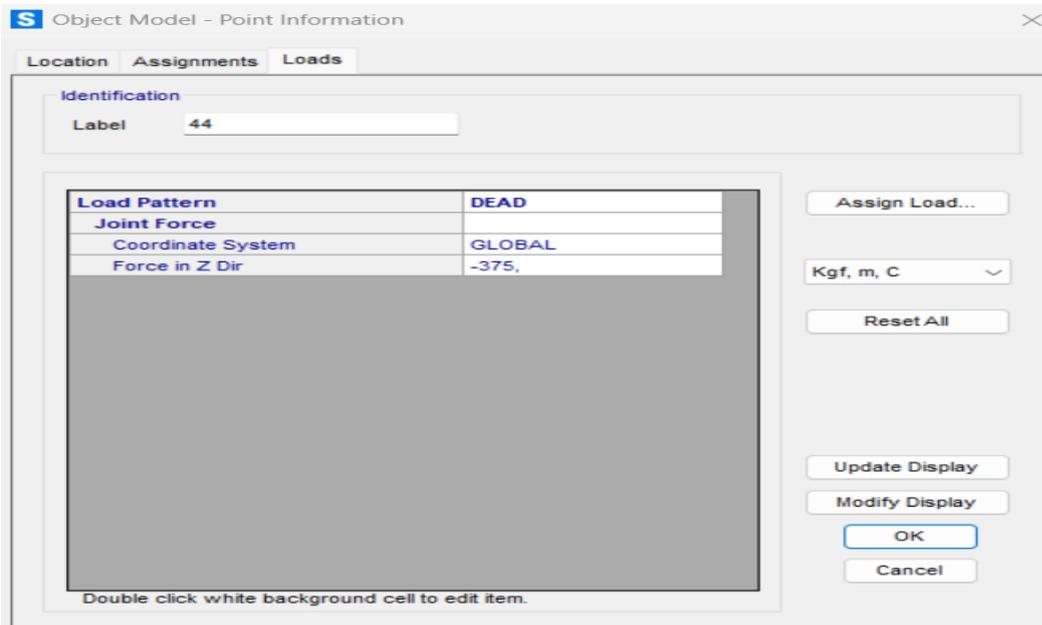
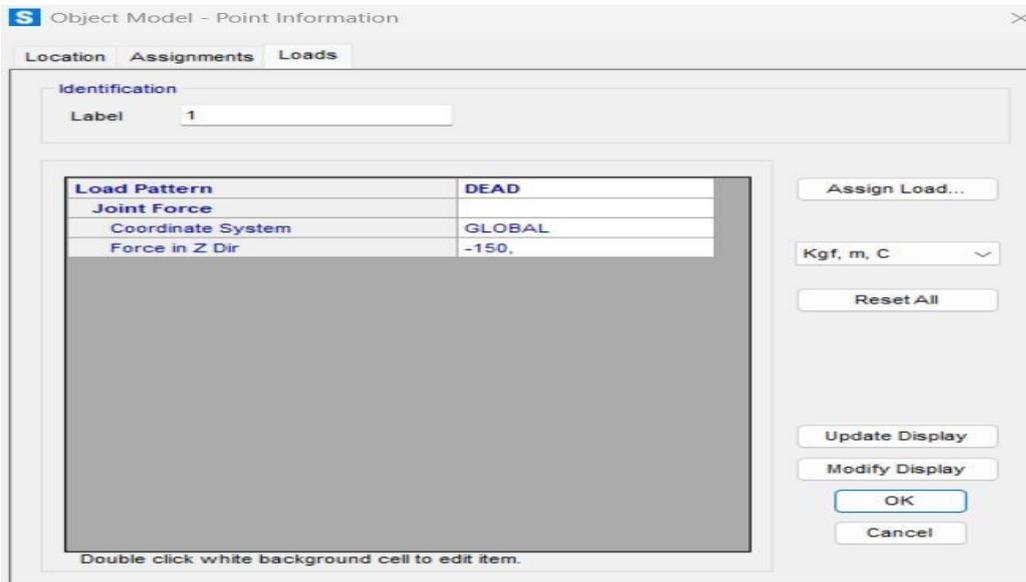


Figura 26

Asignación de cargas puntuales



Resultados de modelo

Figura 26

Chequeo de la estructura

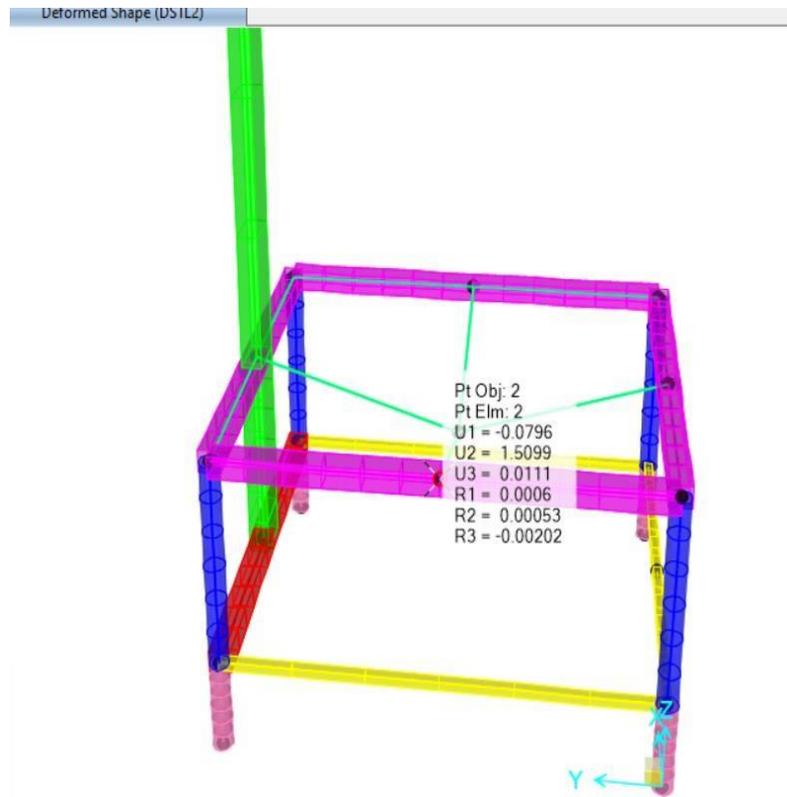


Figura 27

Chequeo de la estructura

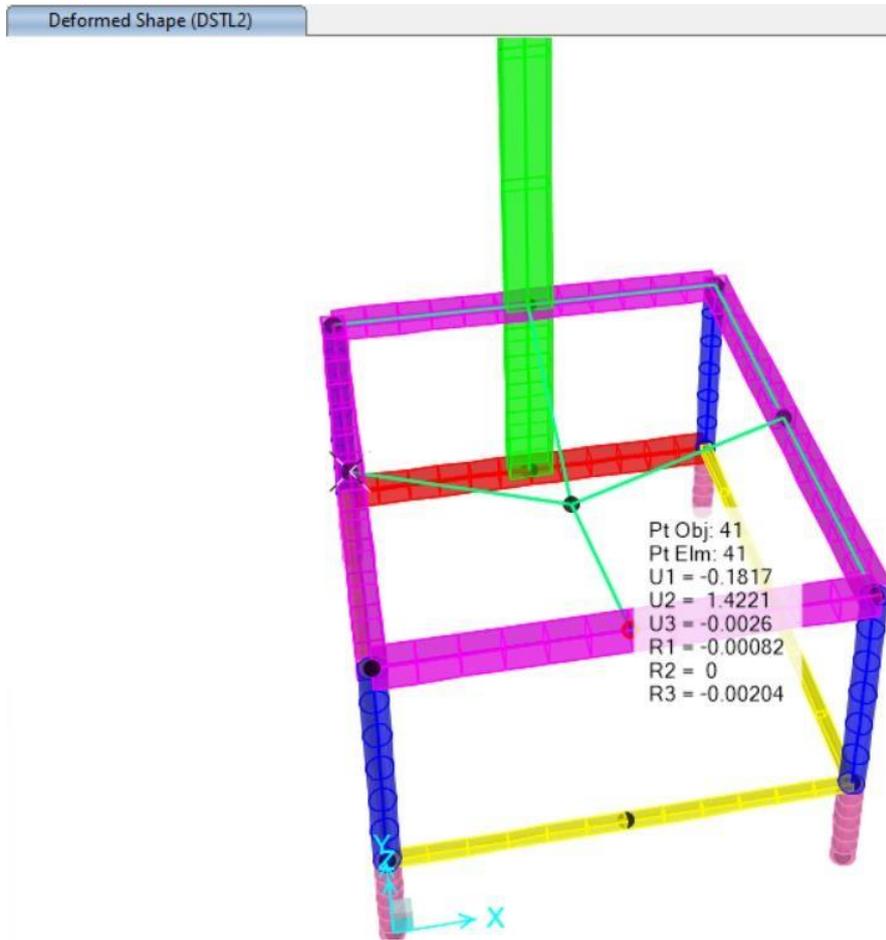


Figura 28

Chequeo de la estructura

Figura 26

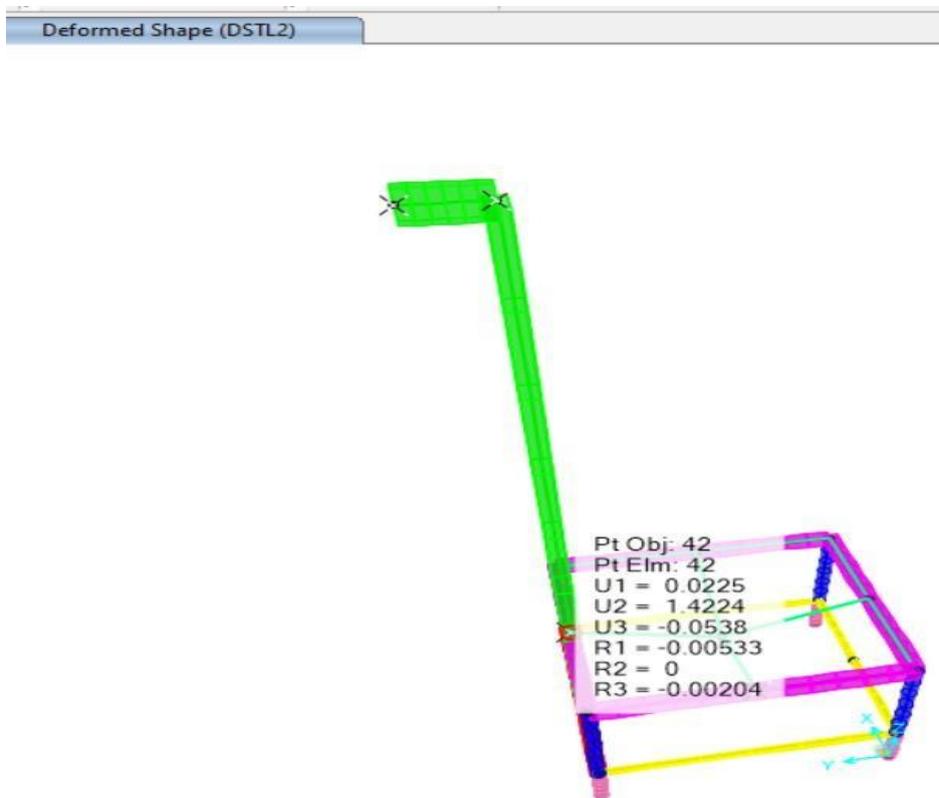
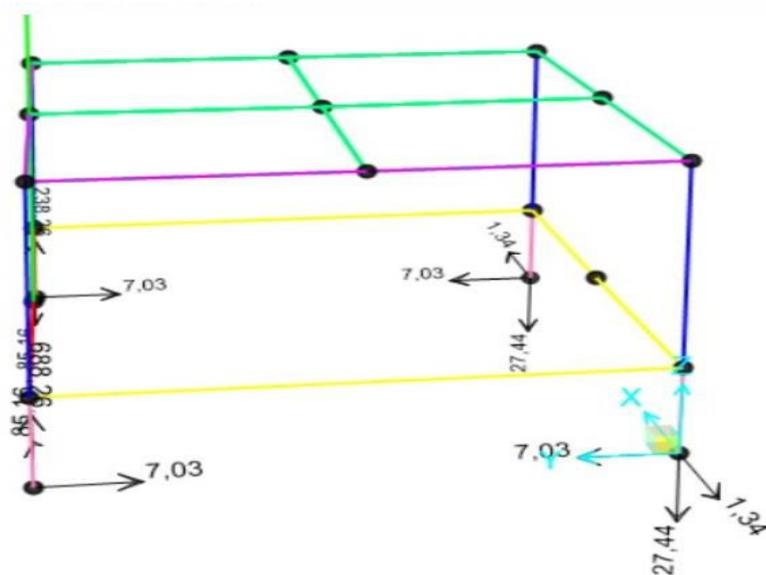


Figura 29

Reacciones de la base



- Al diseñar el elevador con las especificaciones requeridas se puede disminuir la fuerza que realizan los trabajadores al momento de realizar la elevación de las vigas metálicas.
- Se evitan a futuro posibles lesiones ocasionadas por levantamiento manual de carga.
- Se puede evitar caídas a distinto nivel.

Comparación con el diagnóstico de riesgos ergonómicos

RIESGOS LABORALES	NIVEL DE RIESGO ANTES	FACTORES DE RIESGO	NIVEL DE RIESGO DESPUÉS
Ergonómicos	I	Posturas forzadas y levantamiento manual de cargas	IV
Sicosociales	II	Carga física	IV

Cronograma de Implementación

Asignación de materiales

Tabla 17

En la siguiente tabla tenemos el cronograma para la implementación de la propuesta.

Cronograma de implementación propuesta año 2023						
Item	Actividades	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
1	Socialización					
2	Cotización de materiales y mano de obra para la fabricación					
3	Realizar presupuesto					
4	Compra de materiales					
5	Corte de materiales					
6	Suelda de materiales					
7	Adaptación mecanismo del malacate					
8	Pulido y limpieza de sueldas					
9	Pintura					
10	Entrega del elevador					

Análisis de costos de fabricación

Figura 31

Para el análisis de costos se tomaron en cuenta los precios proporcionados por el proveedor (Proviceros)

Materiales para la fabricación del elevador de carga			
Cantidad / ml / U	Descripción	Precio/ ml	Precio / Total
3	T. RECTANGULAR 100 X 50 X 2 mm	10	30
6	T. CUADRADO DE 40 X 2 mm	4	24
1	PINTURA, DISCO CORTE, DISCO FLAP, THIÑER	30	30
1	T. CUADRADO DE 50 X 2 mm	4,5	4,5
2	T. POSTE DE 1 1/2" X 2 mm	4	8
1,5	PLANCHA NEGRA DE 1.5 mm, m2	23	34,5
0,6	PLANCHA NEGRA DE 2 mm, m2	15	9
2	RUEDA METALICA DE 3"	12	24
4	T. CUADRADO DE 20 X 2 mm	12	48
1	MALACATE DE 1200 Lb (545 Kg) / unidad	48	48
4	RUEDA CON FRENO DE 8", CAPACIDAD DE CARGA 700 Kg / U	38	152
		Total	412

Dias	Mano de obra	Costo/ Dia	Total
4	Fabricación elevador	30	120

Costo total del elevador incluida la mano de obra	532	usd
---	-----	-----

Nota: el costo total de fabricación del elevador de carga es de 532 usd, este valor puede variar y dependerá del proveedor.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Una vez aplicada la matriz IPER NTP 330 se evidencia que se debe intervenir con medidas correctivas en los factores de riesgo ergonómico tales como posturas forzadas y levantamiento manual de cargas que tiene un nivel de riesgo I que corresponde una situación crítica y por consecuencia están expuestos los trabajadores a un riesgo psicosocial carga física con nivel de riesgo II.
- Al aplicar la metodología OWAS para posturas forzadas se determinó un nivel de riesgo 3 por mantener espalda con giro; y la metodología de NIOSH para el levantamiento manual de cargas presenta un índice de levantamiento de 4,1 que es superior a 3 por lo que va a ocasionar a futuro problemas musculo esqueléticos.
- Se planteó dos opciones que fueron evaluados mediante la metodología de factores ponderados, siendo la opción 2 la que se procedió con el diseño del elevador de vigas metálicas en espacios reducidos tiene una capacidad máxima de 375 kg., será construido en material ASTM A36 que se encuentra fácilmente en el mercado y se utilizará perfil cuadrado de 50 x 2 mm, la columna es de 3m de alto y corresponde a un perfil estructural de 100x50x2 mm y el malacate tiene una capacidad hasta 544 kg y las ruedas de diámetro 8 pulgadas.

Recomendaciones

- Al realizar el diseño de un elevador es necesario tomar en cuenta diferentes aspectos los cuales son importantes como las áreas en donde se lo va a usar, el peso, la maniobrabilidad, para obtener el resultado esperado.
- Seleccionar los materiales más adecuados para que los costos se encuentren dentro de la planificación.
- Realizar el análisis con las herramientas adecuadas ya que con los resultados hallados se pueda corregir el problema principal.

Bibliografía

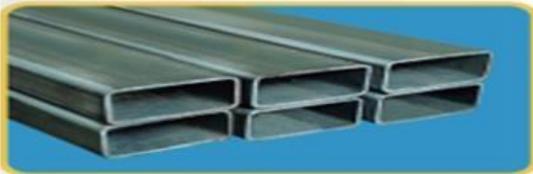
- Acreditación.gob. (27 de Junio de 2018). *Servicio de acreditación Ecuatoriano*. Obtenido de <https://www.acreditacion.gob.ec/analisis-fisicos-en-el-ambiente-laboral/>
- CAMICON. (28 de Febrero de 2020). *Accidentes laborales en la construcción*. Obtenido de <https://www.camicon.ec/la-camara-accidentes-laborales-en-la-construccion/>
- Diego-Mas, J. A. (2015). *Ecuación NIOSH*. Obtenido de <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php>
- Diego-Mas, J. A. (2015). *Ergonautas*. Obtenido de <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php>
- Dipac. (15 de Julio de 2022). *Catalogo de materiales*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/wp-content/uploads/2022/07/Catalogo-actualizado-JULIO-2022.pdf-3.pdf>
- Dipac. (Julio de 2022). *Catalogo de materiales* . Obtenido de Dipac: *Catalogo-actualizado-JULIO 2022*
- gob.ec, T. (22 de 09 de 2012). *Codigo del trabajo*. Obtenido de <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/C%C3%B3digo-de-Tabajo-PDF.pdf>
- Gómez, A. (2021). Seguridad y salud en el trabajo en Ecuador. *Scielo*, 232-239.
- IESS. (2019). *Datos estadísticos* . Quito: IESS.
- OIT. (25 de 11 de 2022). *Organización Internacional del Trabajo*. Obtenido de <https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--es/index.htm>
- Pública, M. d. (15 de Enero de 2021). *Panorama de salud de los trabajadores*. Obtenido de <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2022/05/Panorama-Nacional-de-Salud-de-los-Trabajadores-Encuesta-de-Condiciones-de-Trabajo-y-Salud-2021-2022.pdf>
- Trabajo, O. I. (21 de febrero de 2022). *OIT, Salud y seguridad en trabajo en America Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://www.ilo.org/americas/temas/salud-y-seguridad-en-trabajo/lang--es/index.htm>

Anexos

Anexo 1

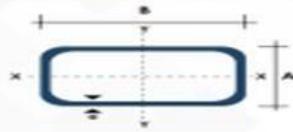
Dipac distribuidor de perfiles metálica

TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR



Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o galvanizado
Largo normal:	6.00 m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm x 40mm a 50mm x 150mm
Espesores:	Desde 1,20mm a 3,00mm



Dimensiones				Área	Ejes Y-Y			Ejes X-X		
A mm	B mm	Espesor (e) mm	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
50	150	3,0	9,17	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15

Nota: En el cuadro encontramos los pesos de los materiales que vamos a usar. Tomada de (Dipac, Catalogo de materiales, 2022)

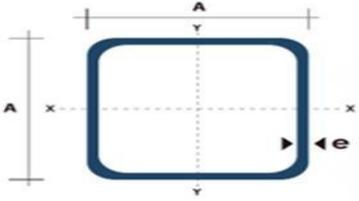
Anexo 2

Dipac distribuidor de perfiles metálica

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 3008
Acabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1.20mm a 5.00mm

A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

Nota: En el cuadro encontramos los pesos de los materiales que vamos a usar. Tomada de (Dipac, Catalogo de materiales, 2022)

Anexo 3

Dipac distribuidor de perfiles metálica

PLANCHAS



MÉTODO PRÁCTICO PARA CALCULAR PESO DE LAS PLANCHAS DE ACERO

----- NOMENCLATURA

L = Largo (mm)
A = Ancho (mm)
E = Espesor (mm)
Peso = Kgs.

$$\text{Peso} = \frac{L \times A \times E \times 7,85}{1.000,00}$$

Ejemplo: $(L = 1220\text{mm} \times A = 2440\text{ mm} \times E = 1,0\text{mm}) \times 7,85 = 23.368\text{ Kg}$
 $\frac{ \times \times \times 7,85}{1.000,00}$

Reducción de Fracciones de Pulgadas a milímetros		
Pulgadas = Milímetros	Pulgadas = Milímetros	Pulgadas = Milímetros
1/128 = 0,20	25/64 = 9,92	27/32 = 21,43
1/64 = 0,40	13/32 = 10,32	55/64 = 21,83
3/128 = 0,60	27/64 = 10,72	7/8 = 22,23
1/40 = 0,64	7/16 = 11,11	57/64 = 22,62
1/32 = 0,79	29/64 = 11,51	29/32 = 23,02
1/25 = 1,02	15/32 = 11,91	59/64 = 23,42
3/64 = 1,19	31/64 = 12,30	15/16 = 23,81
1/20 = 1,27	1/2 = 12,70	61/64 = 24,21
1/16 = 1,59	33/64 = 13,10	61/32 = 24,61
5/64 = 1,98	17/32 = 13,49	63/64 = 25,00
3/32 = 2,38	35/64 = 13,89	1 = 25,40
7/64 = 2,78	9/16 = 14,29	11/10 = 27,00
1/8 = 3,18	37/64 = 14,68	11/8 = 28,60
9/64 = 3,57	19/32 = 15,08	18/16 = 30,20
5/32 = 3,97	39/64 = 15,48	11/4 = 31,70
11/64 = 4,37	5/8 = 15,88	15/16 = 33,30
3/16 = 4,76	41/64 = 16,27	13/8 = 34,90

Dimensiones en (mm)			Pesos
Ancho	Largo	Espesor	Kg
1220	2440	2	46,74
1220	2440	3	70,10
1220	2440	4	93,47
1500	2440	4	114,92
1220	2440	5	116,84
1500	2440	5	143,66
1220	2440	6	140,21
1500	2440	6	172,39
1220	2440	8	186,94
1500	2440	8	229,85
1220	2440	10	233,68
1500	2440	10	287,31
1220	6000	12	689,54

Nota: En el cuadro encontramos los pesos de los materiales que vamos a usar. Tomada de (Dipac, Catalogo de materiales, 2022)

Anexo 4

Tabla con dimensiones y pesos de perfiles

PERFILES IPE A														
Denominación	Dimensiones							Dimensiones de construcción					Superficie	
	G kg/m	h mm	b mm	tw mm	tf mm	r mm	A mm ² x10 ²	hi mm	d mm	Ø	p min mm	p max mm	AL m ² / m	AG m ² / t
IPE A 80	5,0	78	46	3,3	4,2	5,0	6,38	69,6	59,6				0,325	64,9
IPE A 100	6,9	98	55	3,6	4,7	7,0	8,8	88,6	74,6				0,397	57,57
IPE A 120	8,7	117,6	64	3,8	5,1	7,0	11,0	107,4	93,4				0,472	54,47
IPE A 140	10,5	137,4	73	3,8	5,6	7,0	13,4	126,2	112,2				0,547	52,05
IPE A160	12,7	157	82	4,0	5,9	9,0	16,2	145,2	127,2				0,619	48,70
IPE A 180	15,4	177	91	4,3	6,5	9,0	19,6	164,0	146,0	M 10	48	48	0,694	45,15
IPE A 200	18,4	197	100	4,5	7,0	12,0	23,5	183,0	159,0	M 10	54	58	0,764	41,49
IPE A 220	22,2	217	110	5,0	7,7	12,0	28,3	201,6	177,6	M 12	60	62	0,843	38,02
IPE A 240	26,2	237	120	5,2	8,3	15,0	33,3	220,4	190,4	M 12	64	68	0,918	35,1
IPE A 270	30,7	267	135	5,5	8,7	15,0	39,2	249,6	219,6	M 16	70	72	1,037	33,75
IPE A 300	36,5	297	150	6,1	9,2	15,0	46,5	278,6	248,6	M 16	72	86	1,156	31,6
IPE A 330	43,0	327	160	6,5	10,0	18,0	54,7	307,0	271,0	M 16	78	96	1,25	29,09
IPE A 360	50,2	357,6	170	6,6	11,5	18,0	64,0	334,6	298,6	M 22	86	88	1,351	26,91
IPE A 400	57,4	397	180	7,0	12,0	21,0	73,1	373,0	331,0	M 22	94	98	1,464	25,51

Nota: En el cuadro encontramos los pesos de los materiales que vamos a usar. Tomada de (Dipac, Catálogo de materiales, 2022)

Anexo 5

Gráfico con características del elevador

Grúas especiales para subir tuberías o vigas de acero

SUMNER
A Southwire Company

¡ La grúa pluma versátil que hace que un operario rinda como un equipo !

Levanta 680Kgs
Se mueve vertical y horizontalmente
2 cabrestantes operan la elevación de la carga y el mástil totalmente por separado
Cabrestantes de carga de 2 velocidades
Ajuste infinito de la altura de la carga
Ideal en el trabajo exterior o en el interior

Se amortiza rápidamente con el ahorro de tiempo de trabajo.
Permite a un operador levantar y colocar cargas en ubicaciones estrechas, lo que sería imposible con otras grúas pluma
Sus grandes ruedas de 20cm permiten que completamente cargado coloque tuberías o vigas con gran facilidad
Elimina la necesidad de acompañantes, andamios ...



Las secciones de la base y el mástil se separan rápidamente para facilitar su transporte y almacenaje



Se pueden manejar cargas más anchas, hasta 455Kgs usando la barra de extensión de cabezal "T"

Nota: En el gráfico 9 se muestran las características de un elevador que se encuentra en el mercado. Sumner.

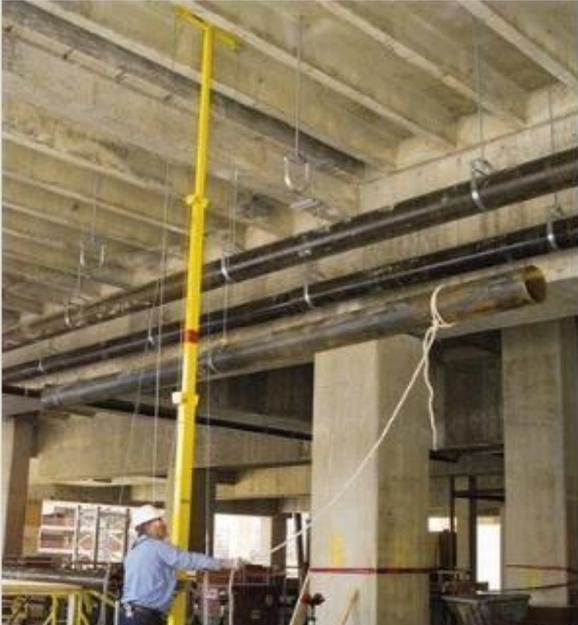
Anexo 6

Gráfica con especificaciones del elevador



Se pueden manejar cargas más anchas, hasta 455Kgs usando la barra de extensión de cabezal "T"

Modelo	Peso	A	B	C/D	Base	Altura Max
R-100	140	200cm	50cm	30cm	80x100	4.6m
R-250	170	302cm	75cm	44cm	150x150	7.6m



Nota: En el grafico 9 se muestran las características de un elevador que se encuentra en el mercado. Sumner.