

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:

INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título
de: INGENIEROS MECÁNICOS

TEMA:

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN DE CANGILÓN
PARA ÁRIDOS CON CAPACIDAD DE 0.5 m^3 , POR MEDIO DEL
MECANISMO DE POLIPASTO, PARA LA EMPRESA HORMIBLOQUE
ECUADOR UBICADA EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN MEJÍA
PARROQUIA ALOASÍ.

AUTORES:

NELSON GONZALO ALARCÓN LLUMIGUSIN

OMAR EDUARDO QUEL CHASIQUIZA

TUTOR:

VÍCTOR HUGO CABRERA MORETA

Quito, marzo del 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Nelson Gonzalo Alarcón Llumigusin y Omar Eduardo Quel Chasiquiza , con documentos de identificación N° 1718098005 y N° 1722700745 , manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN DE CANGILÓN PARA ÁRIDOS CON CAPACIDAD DE 0.5 m³, POR MEDIO DEL MECANISMO DE POLIPASTO, PARA LA EMPRESA HORMIBLOQUE ECUADOR UBICADA EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN MEJÍA PARROQUIA ALOASÍ”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.


.....
Nelson Gonzalo Alarcón Llumigusin
Cédula: 1718098005


.....
Omar Eduardo Quel Chasiquiza
Cédula: 1722700745

Quito, marzo del 2020

DECLARACIÓN DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo de Titulación, "DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN DE CANGILÓN PARA ÁRIDOS CON CAPACIDAD DE 0.5 m^3 , POR MEDIO DEL MECANISMO DE POLIPASTO, PARA LA EMPRESA HORMIBLOQUE ECUADOR UBICADA EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN MEJÍA PARROQUIA ALOASÍ.", realizado por Nelson Gonzalo Alarcón Llumigusin y Omar Eduardo Quel Chasiqiza, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.



VÍCTOR HUGO CABRERA MORETA

Cédula de Identidad: 1714864657

Quito, marzo del 2020

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo con todo cariño a la Facultad de Ingeniería Mecánica, a la Universidad Politécnica Salesiana, a todos los profesores por ayudarnos en la formación académica, a nuestras familias, por el apoyo incondicional en este proceso universitario, el esfuerzo y las metas alcanzadas, se reflejan en su soporte constante.

Nelson Alarcón y Omar Quel...

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a nuestros padres que han estado siempre apoyándonos en las horas difíciles de lucha y sacrificio, ellos han sido el pilar en todo sentido, han estado pendientes para la formación académica, como la aceptación profesional responsable del trabajo.

Por otro lado, queremos destacar a los maestros académicos que con su guía han impartido sus sabios conocimientos para una buena formación académica para conseguir a futuro, unos buenos profesionales para servir mejor a la sociedad.

Nelson Alarcón y Omar Quel...

INDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARACIÓN DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE GENERAL.....	v
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Elevador de cangilones.....	2
1.2. Tipos de levadores de anjilón.....	2
1.3. Polipasto	2
1.4. Polipasto de cable.....	3
1.5. Aparejo factorial.....	4
1.6. Aparejo potencial	5
1.7. Aparejo diferencial.....	5
1.8. Reductor de velocidad corona sin-fin.....	6
1.9. Materiales	7
1.10. Áridos.....	9
1.11. Soldadura	9
1.12. Esfuerzos generados en los ejes de las chumaceras.....	10
1.13. Cable de acero.....	11
CAPÍTULO II	12
SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	12
2.1 Alternativas	12

2.1.1.	Alternativa 1: Cangilones montados sobre cadena con descarga positiva.	12
2.1.2.	Alternativa 2: Cangilones de escama montados sobre banda o cadena	13
2.1.3.	Alternativa 3: Sistema de elevación de cangilón por sistema polipasto	13
2.2.	Evaluación de cada sistema de elevación	15
2.2.1.	Costo	15
2.2.2.	Facilidad de mantenimiento	16
2.2.3.	Funcionalidad	16
2.2.4.	Seguridad	17
2.2.5.	Capacidad de Producción	17
2.2.6.	Facilidad de fabricación	18
2.2.7.	Alternativa seleccionada	18
CAPÍTULO III.....		21
DISEÑO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA		21
3.1.	Cálculo de asa a llevar	21
3.1.1.	Cálculo de la masa de los áridos	21
3.1.2.	Cálculo de la masa de la estructura móvil	22
3.1.3.	Cálculo de la masa del cubilote.....	22
3.1.4.	Cálculo de la masa de la brida.....	22
3.1.5.	Cálculo de la masa de la rueda guía	23
3.1.6.	Cálculo de la masa de la polea	23
3.1.7.	Cálculo del peso total a elevar	23
3.1.	Análisis de esfuerzos del elevador por medio del sistema de polipasto.....	24
3.2.	Cálculo de viga principal	25
3.2.	Cálculo de viga secundaria.....	29
3.3.	Cálculo de columna	31

3.4.	Cálculo de ernos de anclaje	33
2.3.	3.5. Calculo placa base	37
3.5.	Cálculo viga móvil	43
3.5.1.	Cálculo de la sección de la viga	43
3.5.2.	Análisis de soldadura de la viga móvil	46
3.6.	Cálculo laca polea fija	49
3.6.1.	Fractura por tención sobre el área neta efectiva.....	49
3.6.2.	Resistencia por fractura por cortante sobre el área efectiva.....	50
3.6.3.	Resistencia por fluencia a la tensión en la sección total	51
3.7.	Cálculo placa polea móvil	51
3.7.1.	Fractura por tención sobre el área neta efectiva.....	51
3.7.2.	Resistencia por fractura por cortante sobre el área efectiva.....	53
3.7.3.	Resistencia por fluencia a la tensión en la sección total	53
3.8.	Cálculo eje polea fija.....	54
3.9.	Cálculo eje polea móvil.....	57
3.10.	Cálculo eje cubilote	60
3.11.	Cálculo de plancha ubilote.....	63
3.12.	Cable y polea	65
3.13.	Cálculo de potencia del motor	66
3.14.	Diseño de pernos de sujeción.....	68
3.15.	Elementos de seguridad	70
3.15.1	Finales de carrera	70
3.15.2	Parada de emergencia	70
3.15.3	Embrague de fricción.....	71
3.15.4	Protección para motores eléctricos	71

3.16. Simulaciones.....	73
3.17. Esquema eléctrico.....	77
2.4.....	80
ANÁLISIS DE RESULTADOS	80
4.1. Análisis de costos	80
4.1.1. Costos directos	80
4.1.2. Costos directos totales.....	81
4.1.3. Costos indirectos	82
4.1.4. Costo total	82
4.2. Tiempo de recuperación de la inversión.....	83
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS.....	86
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características mecánicas del acero ASTM A36 [13]	8
Tabla 2. Características mecánicas del acero 1045 [12]	9
Tabla 3. Evaluación de Costos para las alternativas	16
Tabla 4. Evaluación de la facilidad de mantenimiento para las alternativas	16
Tabla 5. Evaluación de la funcionalidad para las alternativas	17
Tabla 6. Evaluación de la seguridad para las alternativas.....	17
Tabla 7. Evaluación de la capacidad de producción para las alternativas	18
Tabla 8. Evaluación de la facilidad de fabricación para las alternativas	18
Tabla 9. Síntesis de la evaluación para las alternativas.	19
Tabla 10. Detalle de costo de materiales.....	80
Tabla 11. Costo de elementos mecánicos	81
Tabla 12. Costos de fabricación y montaje	81
Tabla 13. Costos de materiales indirectos.....	82
Tabla 14. Costo total del equipo	82
Tabla 15. Costos generados mensualmente	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Polipasto de cable [10]	4
Figura 2. Aparejo Factorial [11]	4
Figura 3. Aparejo potencial [11].....	5
Figura 4. Aparejo diferencial [11].....	6
Figura 5. Reductora corona sin-fin [14].....	7
Figura 6. Partes de un cojinete [13]	10
Figura 7. Cangilones montados sobre cadena con descarga positiva [6].....	13
Figura 8. Cangilón de escama [3]	13
Figura 9. Elevador de canjilón sistema polipasto	14
Figura 10. elevador de canjilón con sistema polipasto	20
Figura 11. Bosquejo del Sistema de polipasto	24
Figura 12. Análisis de momentos en viga principal.....	26
Figura 13. Análisis de momentos en viga principal.....	29
Figura 14. Base de la columna [20]	34
Figura 15. esfuerzos en la columna [20]	34
Figura 16. Distancias criticas	35
Figura 17. dimensionamiento placa base [21]	38
Figura 18. pernos de anclaje [22].....	42
Figura 19. Análisis de momentos en viga principal.....	44
Figura 20 Fuerza en la viga móvil	46
Figura 21. Plancha polea fija.....	49
Figura 22. placa viga móvil	52
Figura 23. Análisis de momentos en Eje polea Fija.....	55
Figura 24. Análisis de momentos en Eje polea Fija.....	58
Figura 25. Análisis de momentos en Eje polea Fija.....	61
Figura 26. Tabla de selección Cable y Polea [20].....	65
Figura 27. sensor inductivo [21]	70
Figura 28. Parada de emergencia [22]	71
Figura 29. Embrague de fricción.....	71
Figura 30. Interruptor Macnetotérmico. [29].....	72

Figura 31. Análisis viga principal. Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel73

Figura 32. Análisis de factor de seguridad. Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel74

Figura 33. Viga secundaria. Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel75

Figura 34. Factor de seguridad viga secundaria. Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel76

Figura 35. factor de seguridad viga móvil. Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel77

RESUMEN

En el presente trabajo, se diseña y simula un sistema de elevación para áridos con capacidad de 0.5 m^3 , por medio del mecanismo de polipasto, para la empresa Hormibloque Ecuador.

En la empresa Hormibloque Ecuador, se ha realizado el estudio necesario para poder cambiar la forma de trasladar los áridos hacia la zona de mezclado, es importante para la empresa diseñar un elevador, que cumpla con las normas, acondicionamientos técnicos y requerimientos de ingeniería.

El análisis y simulación del movimiento se lo realiza por medio del software Solidworks, para confirmar los resultados obtenidos en los cálculos de diseño.

Este trabajo de diseño se lo ha realizado a través de varias ecuaciones y tabulación de piezas mecánicas que en conjunto forman un sistema práctico necesario para la empresa Hormibloque Ecuador.

Palabras clave: Áridos, Polipasto, simulación

ABSTRACT

In the present work, a lifting system for aggregates with a capacity of 0.5 [m³] is designed and simulated, by means of the hoist mechanism, for the company Hormibloque Ecuador. In the company Hormibloque Ecuador, the necessary study has been carried out to be able to change the form of transferring the aggregates to the mixing zone, it is important for the company to design an elevator, which fulfills the standards, technical conditioning and engineering requirements.

The analysis and simulation of the movement is made using the Solidworks software, to confirm the results obtained in the design calculations.

This design work has been done through several equations and tabulation of mechanical parts that combined constitute a practical system necessary for the company Hormibloque Ecuador.

Keywords: aggregates, hoist, simulation

INTRODUCCION

Los griegos son los primeros en desarrollar y sistematizar los fundamentos de geometría y mecánica al estudiar el movimiento, en lo que denominaban “maquinas elementales”, que como tales se fueron transmitiendo en los textos especializados hasta llegar a los tratados empleados en la enseñanza de ingenieros en el siglo XIX. En todo este período los cambios e innovaciones están muy relacionados con combinaciones acertadas de estas máquinas elementales que permiten ir mejorando la eficacia de los medios de elevación de materiales y personas [1].

Los sistemas de elevación de cargas empleaban la fuerza humana o animal, siendo muy diferentes de cómo se hacían en el siglo XVI. Con el pasar del tiempo se ha sustituido la fuerza humana o animal por motores, las sogas o cuerdas por cables y elementos de fijación de acero.

Los mecanismos de elevación se han perfeccionado con el pasar del tiempo y las necesidades de las industrias.

Los mecanismos de elevación más simples son aparejos, polipastos y cabrestantes manuales. Estos mecanismos se utilizan en general para mover volúmenes considerables sin pausas de trabajo ya que se utilizan motores eléctricos o de combustión interna en la realización de estos procesos [2].

En nuestro caso de estudio se utilizará un sistema de elevación de cangilón por medio del sistema de polipasto para elevar $0.5 \text{ [m}^3\text{]}$ de áridos a una altura de 2.5 [m] con un ángulo de 30° de inclinación de acuerdo a la norma DIN. La empresa Hormibloque Ecuador requiere mejorar el proceso de elevación de áridos hacia el área de mezclado, pretende optimizar los tiempos entre descarga y carga de material, reemplazando la carga manual, lo cual permitirá obtener mayor producción durante una jornada laboral.

PROBLEMA

La Empresa Hormibloque Ecuador ubicada en el Catón Mejía parroquia Aloasí, se enfoca en la construcción de pre fabricados de hormigón en su proceso de producción, transporta áridos hacia la zona de mezclado de forma manual, los empleados cargan y transportan mencionados áridos, hacia la mezcladora que se encuentra en un lugar elevado por medio de una rampa, este proceso requiere de tiempo y esfuerzo por parte de los empleados.

a. Antecedentes

Desde que la Empresa Hormibloque Ecuador inició sus actividades el 08 de julio de 2013, dedicó a varios empleados a colocar los áridos necesarios para la fabricación de pre fabricados de hormigón en un depósito mezclador, el cual se encuentra en un lugar elevado para su respectivo mezclado, la empresa siempre puso a cargo a varias personas para este proceso hasta llenar la mezcladora, una vez se encuentra llena los empleados se dedican a otras actividades, en un inicio este proceso aún que requería de personal para dedicarse a esta actividad no era soportable para la empresa ya que requería de un corto tiempo, al aumentar la producción con el paso del tiempo, este proceso ya no es soportable ni para la producción, ni para el esfuerzo de los empleados que deben dejar sus actividades principales para dedicarse a esta actividad.

b. Importancia y alcances

La Empresa Hormibloque Ecuador a generado la necesidad de modificar su proceso de producción en cuanto a la elevación y transporte de los áridos hacia la zona de mezclado, actualmente el trabajo se lo realiza con carretillas por medio de una rampa, este proceso demanda dos personas para la actividad, en algunos casos se ha tenido que parar la máquina de prensado. El personal que se encuentra trabajando en la parte delantera de la máquina, debe dirigirse hacia la zona de almacenamiento de los áridos para transportar los árido, porque los operarios no logran abastecer de material suficiente para que la máquina de prensado no deje de producir.

El diseño y simulación del elevador de canjilón por el sistema de polipasto demostrará que si se llega a implementar, con las dos personas llenando el canjilón se podrá mejorar el proceso, sin tener que demandar de mayores recursos como se lo hace de hoy en día , esto beneficiará a la empresa Hormibloque Ecuador con mayor producción por turno, la optimización del proceso disminuirá el esfuerzo físico que realizan los trabajadores al subir empujando la carretilla por la rampa, siendo un beneficio ergonómico para el personal.

c. Delimitación

La empresa Hormibloque Ecuador se encuentra ubicada en la provincia de Pichincha, Cantón Mejía, parroquia Aloasí, panamericana sur E35, vía principal a la parroquia el Chaupi S/N

La empresa privada Hormibloque Ecuador se enfoca principalmente en la elaboración de pre fabricados de hormigón.

El trabajo que se propone realizar es el diseño y simulación de un sistema de elevación de cangilón para áridos, con capacidad de 0.5 [m³], por medio del mecanismo de polipasto, con lo cual se optimizará los tiempos de llenado de la mezcladora.

Objetivos

Objetivo general

- Diseñar y simular un sistema de elevación de cangilón para áridos con capacidad de 0.5 [m³], por medio del mecanismo de polipasto, para la empresa Hormibloque Ecuador ubicada en la provincia de Pichincha, Cantón Mejía Parroquia Aloasí.

Objetivos específicos

- Determinar la situación actual en la empresa Hormibloque Ecuador con respecto al traslado y carga de áridos.
- Seleccionar la opción favorable a las necesidades de la empresa Hormibloque Ecuador de los diferentes diseños que son aplicables al proyecto.
- Diseñar las partes y piezas mecánicas necesarias para el funcionamiento del sistema elevador de cangilón, de acuerdo con la necesidad de Hormibloque Ecuador respetando normas y límites de seguridad.

- Evaluar las posibles fallas en el sistema elevador a través de la simulación del sistema elevador con un software especializado.
- Evaluar la rentabilidad del proyecto al implementar el elevador en la empresa Hormibloque Ecuador.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

El presente capítulo hace referencia a los principios de funcionamiento en los elevadores, ya que son unidades sencillas y seguras para el desplazamiento de cargas, a la vez que presenta los diferentes tipos de sistemas de elevación, ya sean por polipasto, cadena y banda transportadora, los cuales se pueden utilizar para elevar una carga.

El elevador de cangilones se conoce como un mecanismo utilizado para transporte de materiales a granel de forma vertical, dichos elevadores son creados al generar una necesidad de elevar y transportar diferentes materiales en gran volumen, evitando pérdida de algunos elementos, este sistema permite reducir costos y disminuir el tiempo de transporte [3].

Los elevadores de cangilón están formados por un órgano de tracción como puede ser de cadenas o bandas permitiendo fijar los cangilones. Su movimiento es efectuado de forma conjunta alrededor del atezado y tambor motriz, ubicados en la parte del extremo superior e inferior respectivamente, se usa una cadena como órgano de tracción, para sustituir las tamboras se puede utilizar catalinas si es necesario. Dichas partes se encierran en una armadura de material metálica formados por una parte superior, intermedia e inferior. La parte superior está situada el sistema propulsor formado por un reductor, motor eléctrico y el freno. En la parte inferior está destinado para el sistema de atezado.

Los elevadores de canjilón abarcan un gran campo de aplicación en depósitos de grano en la producción alimenticia, en el transporte de materiales de la construcción [3].

El principio fundamental del elevador es la cadena sin fin, de la que oscilan intervalos normales de cangilones. La parte inferior del dispositivo pasan cargando la mercadería que se requiere alzar. En el punto superior, se puede realizar un cambio de sentido de marcha, provocando que los cangilones se vacíen por el efecto de gravedad [4].

1.1.Elevador de cangilones

El uso del elevador de cangilones es para elevación y transporte de ciertos materiales que contienen flujo continuo, dicho elevador es creado para levantar y transportar de forma constante materiales a granel, la trayectoria de transporte se lo realiza de forma vertical o con una cierta inclinación vertical que llega a un ángulo máximo de 30°, se construyen los elevadores estacionarios e inmóviles, se realiza el transporte desde la parte inferior hasta el final del elevador sin pausas o puntos intermedios. Su movimiento es producto de un sistema de propulsión formado por una polea motriz tipo polipasto o una rueda catalina, permitiendo el movimiento al sistema de tracción, correas, cadenas o fajas, la parte inferior de los cangilones permite cargar los materiales y la parte superior realiza la descarga del material [5].

1.2.Tipos de Elevadores de Canjilón

Los desplazamientos de las cargas a granel que necesitan ser elevadas hacia un punto más alto, se efectúan por lo general con canjilones ya que estos se encuentran en gran parte de las industrias, algunas de las principales son la industria alimenticia, de la construcción, química y en especial en todo tipo de minas, realizando distintas funciones y siendo de distintos materiales como el acero inoxidable, nylon, chapas de acero esto va acorde al trabajo que realicen, el diseño y la calibración de los cangilones, así como de sus sistemas de tracción se lo realiza bajo la norma DIN [3].

- Cangilón Montado sobre cadena con descarga positiva.
- Cangilón de Escama montado sobre banda o cadena.
- Sistema de elevación de Cangilón por sistema polipasto.

1.3.Polipasto

El polipasto también llamado aparejo es determinado como un sistema de poleas formado por dos grupos, el móvil y un fijo. Su movimiento es producto de una cadena, cable o

cuerda asegurado por uno de sus extremos en la polea fija y que continua por los demás, ejerciendo la potencia en su otro extremo libre [6].

1.4. Polipasto de cable

El Polipasto de cable está formado por un cable que se enrolla en un torno con canales para que quede perfectamente enrollado [7].

Los componentes principales de un polipasto de cable son:

- **Freno de elevación:** se efectúa por un bloque de freno cónico que realiza el frenado de la elevación o descarga adjuntando un sistema de enfriamiento y el encendido automática si se requiere alimentación eléctrica [7].
- **Motor eléctrico de elevación:** se utiliza el movimiento de manera vertical de la carga, y se forma por un motor asíncrono trifásico que se encuentra equipado con sondas si se produce sobrecargas.
- **Acoplamiento:** permite unir al reductor con el motor.
- **Reductor:** está constituido por un sistema corona sin-fin
- **Tambor:** dimensionado para instalar cables en canales.
- **Guía cable:** enrolla de manera seguro del cable en el tambor.
- **Finales de carrera de elevación:** este elemento de seguridad actúa en caso de emergencia suspendiendo la elevación o bajada del cangilón.
- **Limitador de carga:** controla las mediciones, el valor de la carga y los efectos que se crean por la inercia del movimiento. Su calibración de valores se produce cuando el valor es superado y permite abrir el circuito del dispositivo.
- **Cable:** se utiliza al realizar el izaje y descarga. Su material principal es el acero con resistencia a la fatiga y al desgaste.
- **Gancho:** permite anclar elementos y accesorios de elevación de la carga. Los ganchos son fabricados en acero al carbono, constan de unos cojinetes de giro lubricados por donde atraviesa un travesaño.
- **Caja de conexión eléctrica:** realiza la conexión de todos los equipos utilizados.

- **Mandos de baja tensión:** cuando se requiere en los equipos eléctricos incluir mandos son todas las funciones necesarias también se ajusta el transformador, contactor, diferencial entre otros como se ve en la Figura 1 [7].



Figura 1. Polipasto de cable [8].

1.5. Aparejo factorial

Se juntan igual número de poleas fijas como móviles como se observa en la Figura 2; determinado el esfuerzo necesario que es igual a la resistencia dividida por la cantidad total de poleas que está formado el aparejo. [9].

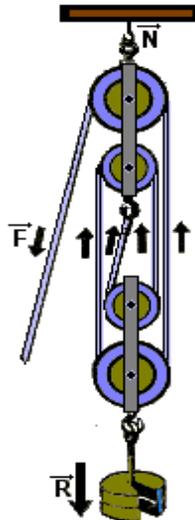


Figura 2. Aparejo Factorial [9].

1.6. Aparejo potencial

Se realiza al unir una cantidad de poleas móviles con una fija como se muestra en la figura (3), polea móvil ubicada en el inicio empezando de abajo hacia arriba, disminuye la fuerza requerida para compensar la resistencia a la mitad de esta, la segunda polea se reduce a la mitad de la cuarta parte, la tercera a la octava y así sucesivamente. [9].

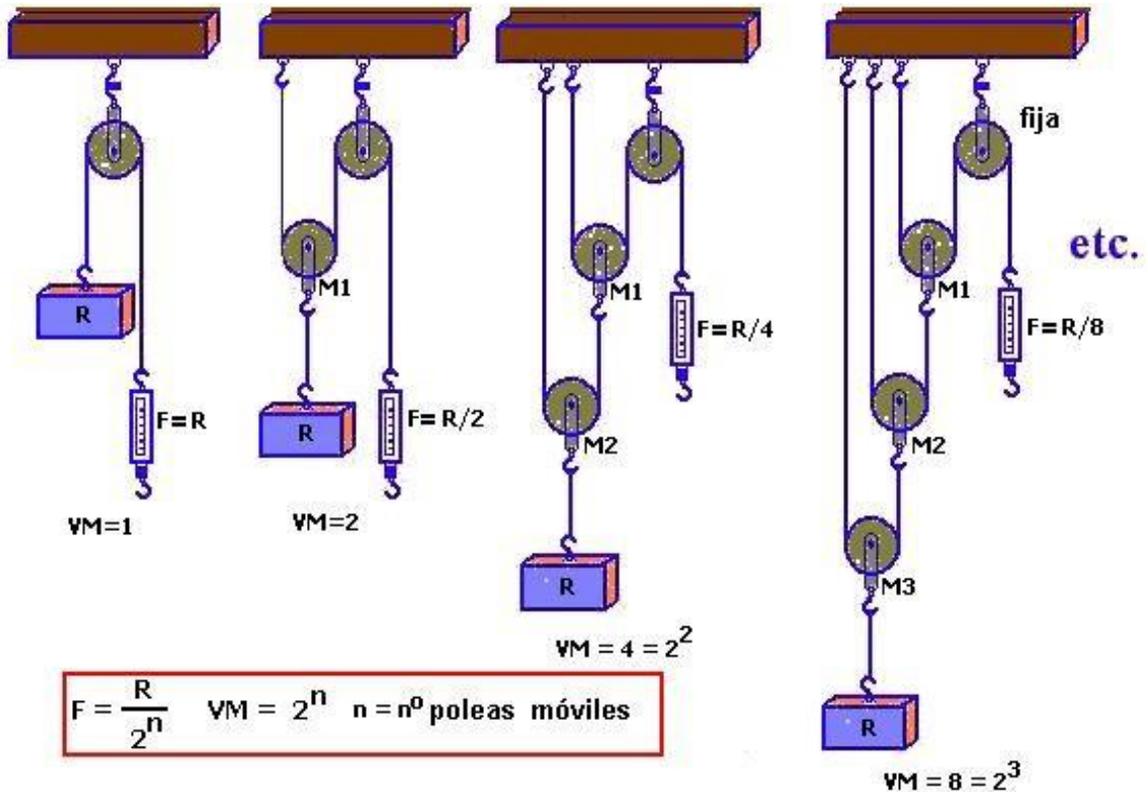


Figura 3. Aparejo potencial [9].

1.7. Aparejo diferencial

Se forma por una doble polea fija, de radios diferentes y una polea móvil, las poleas se encuentran acopladas por una cadena sin fin o cerrada. Al fijar la polea doble, permite girar en el sentido de las agujas de un reloj, la polea fija de radio menor da cordel como se muestra en la Figura 4 y la más grande toma; como al dar una vuelta la polea pequeña da menos de lo que la grande toma, la consecuencia es que $P = Q(R-r)/2R$ [9].

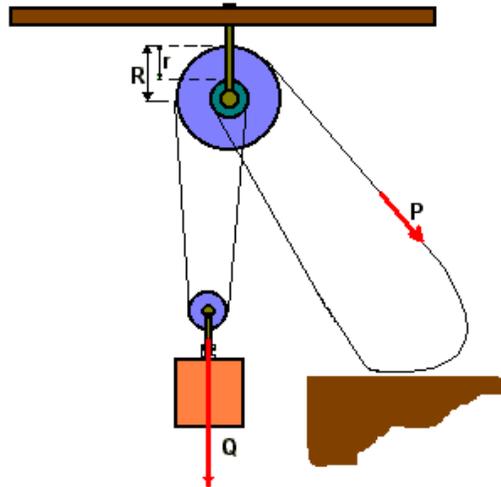


Figura 4. Aparejo diferencial [9].

1.8.Reductor de velocidad corona sin-fin

Se conectan ejes que no son paralelos. El tornillo sin fin es parecido a la cuerda de un tornillo que contienen uno o unos cuantos dientes en el interior de él, tiene un ángulo de hélice muy elevado. El tornillo sin fin, que se acopla con un engrane llamado engrane o corona sin fin, parecido a una tuerca que se enrosca a la cuerda del tornillo sin fin. Sus ejes entre sí pueden formar un ángulo de 90° . El engranaje puede generar engranes muy elevados (hasta de 360:1, aproximadamente) en un embalaje resistente, por su pequeño número de dientes en el tornillo sin fin. Si el ángulo de avance del tornillo es lo suficientemente pequeño ($< 6^\circ$ aprox.), el engranaje se crea un auto bloqueo, lo que significa que no se crea un retroceso en el engrane y sujetara la carga [10].

La desventaja principal es su baja eficiencia, a diferencia de otros engranajes. El movimiento referente entre los dientes es de deslizamiento a diferencia del rodamiento, lo cual produce calor. El calor transferido desde la caja de engranes, limita la vida útil del engranaje sin fin. La temperatura adecuada del aceite en el engranado debe ser inferior a los 200°F , aproximadamente para asegurarse una vida larga del diente [10] [11].

La principal desventaja del reductor de velocidad corona y sin-fin es la baja eficiencia, que se genera entre 40% a 90% por etapa de reducción debido al deslizante del arreglo corona y sin-fin. Si la relación es más grande en el engrane de un arreglo corona y sin-fin, se reducirá su eficiencia. La combinación del engrane corona y sin-fin en una relación 10:1 podría tener una eficiencia del 90%, y una combinación de engranes corona y sin-fin con una relación de 100:1 efectuara una eficiencia alrededor de un 50%. La velocidad en R.P.M. relaciona la eficiencia, entre más alta la velocidad en R.P.M., más alta la eficiencia del arreglo de engranes corona y sin-fin [11].

Los dientes de los engranes de tornillos sinfín se generan un punto de contacto que modifica a la línea de contacto de acuerdo al uso de los tornillos, se describe que los engranes de tornillo sinfín su desgaste es hacia adentro, y otros engranes su desgaste es hacia afuera ver en la Figura 5 [12].



Figura 5. Reductora corona sin-fin [11].

1.9.Materiales

La norma ASTM A36 es utilizan en diferentes perfiles estructurales, placas y barras de su material es de acero al carbono de calidad estructural.

Su formación es de acero al carbono de propósito general o acero suave, su uso es en especial para la construcción, manufactura y otras industrias. Ofreciendo una resistencia

excelente y fuerza para un acero bajo en carbono y aleación. Pero siendo propenso al óxido [13].

- **Composición del acero A36**

La composición química del A36 se describe en la Tabla 1, conformada por el hierro (98 a 99 %). Siendo a diferencia de la gran mayoría de aceros muy poco uso de elementos añadidos a él.

Se constituye el 0,18 % de carbono, 0,2 % de cobre y entre 0,8 y 0,9 % de manganeso para elevar la fuerza y también la resistencia. Tiene fósforo (0,04 % máximo) e impurezas de azufre (0,05 % máximo) si se añade en cantidades demasiado grandes puede provocar que el acero se convierta en acero frágil [13].

Tabla 1. Características mecánicas del acero ASTM A36 [13]

Características mecánicas		
Densidad	7.85	$\frac{gr}{cm^3}$
Límite de fluencia	250	MP_a
Límite de rotura	400	MP_a
Módulo de elasticidad	200	MP_a

Para el diseño de los elementos estructurales del elevador de canjilón se utilizará perfiles y planchas normalizados de acero ASTM A36, ya que, es un material resistente y económico, su versatilidad hace de esta una de las mejores opciones, para los ejes se utilizará acero 1045 que tiene un nivel medio en resistencia mecánica y tenacidad su bajo costo en comparación a los aceros de baja aleación permite ser una de las principales opciones para diseño de los ejes [14].

Tabla 2. Características mecánicas del acero 1045 [12]

Características mecánicas		
Densidad	7.85	$\frac{gr}{cm^3}$
Límite de fluencia	530	MP_a
Límite de rotura	630	MP_a
Módulo de elasticidad	200	GP_a

1.10. Áridos

El término “árido” se describe a los materiales granulares inertes o también conocidos como arenas, balasto, gravas, gravillas y otros. Con excepción a los materiales del mundo animal y vegetal, excluyendo las aplicaciones que utilizan como materia prima los minerales metálicos, industriales y las rocas ornamentales, se puede deducir que es todo lo que nos rodea y es originado de una cantera de áridos o de una gravera. Dichos materiales se tienen con gran abundancia en la corteza terrestre. Teniendo un precio bajo y la necesidad de ubicar las explotaciones cerca de los puntos de consumo y reduciendo los costos de transporte [15].

1.11. Soldadura

Para realizar la soldadura de metales por medio del arco eléctrico se focaliza de calor necesario para fundir el material base, al mismo tiempo se agrega material de relleno compatible para pegar las dos piezas [10].

La soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW), o conocida también “soldadura con varilla”, ocupa trozos de electrodos que se encuentra cubiertos con fundente en el exterior. Cuando al arco funde el electrodo, el fundente licuado comienza a fluir al charco para ser cubierto y protegido al tener contacto con el aire. Su utilización

por lo general es en exteriores o para reparaciones de campo, al no producir gas que sea desplazado por el viento [10].

1.12. Esfuerzos generados en los ejes de las chumaceras

Los cojinetes permiten soportar cargas radiales puras, cargas que generan empuje puras o una mezcla de ellas como se puede mirar en la figura 6 [12].

En el diseño se toma en cuenta las cargas radiales, el rodamiento elegido es de 38mm de diámetro interior, ver anexo chumaceras de piso.

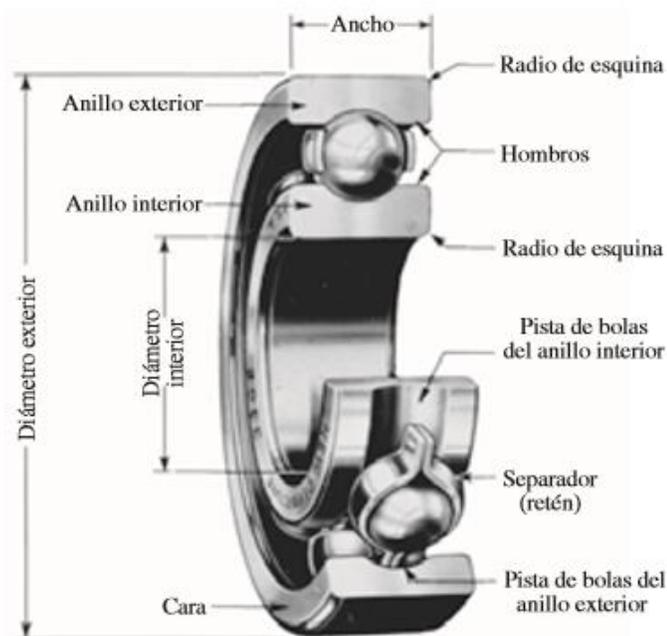


Figura 6.Partes de un cojinete [12].

La unidad de soporte también es denominada rodamiento de apoyo, describiendo como sistema de rodamientos compacto. Estas unidades tienen los rodamientos, los mecanismos de lubricación, el alojamiento, los retenes y el bloqueo de eje. Las unidades con soporte se usan normalmente en entornos contaminados permitiendo mantener el rendimiento de los rodamientos [16].

El enfoque se centra en unidades de rodamientos con soporte, uso está ampliamente en aplicaciones exigentes que requieren una correcta elección de la unidad siendo una decisión crítica. Las unidades de rodamientos de rodillos con soporte se ocupan en cintas transportadoras, ventiladores, equipos de manipulación de material y otros equipos diseñados para ejercer trabajos con cargas grandes y velocidad bajas con entornos de alta presencia de contaminantes [16].

1.13.Cable de acero

Para la elección de un adecuado cable de acero, se toma en cuenta varios factores para garantizar un funcionamiento eficaz, buena seguridad y una vida útil del cable. Se pueden tomar en cuenta por ejemplo estos aspectos [17]:

- Doblabilidad
- Resistencia a la fatiga
- Resistencia al aplastamiento
- Resistencia a la rotación
- Resistencia a la pérdida de metal y a la deformación
- Resistencia a la corrosión
- Solidez

Por lo general ningún cable posee todas estas características. Siendo así que al tener una excelente característica en una de las opciones mencionadas tendrá menor categoría en otro. Se debe ser muy cauteloso al evaluar los cables [17].

CAPÍTULO II

SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

En el presente capítulo, se determinará la mejor alternativa del elevador, para la situación actual de la empresa Hormibloque Ecuador en cuanto al traslado de los áridos hacia el sistema de mezclado, por medio de alternativas, evaluando con respecto al costo, capacidad de producción, facilidad de mantenimiento, facilidad de construcción y funcionalidad, seguridad.

2.1 Alternativas

Para la adecuada elección del diseño definitivo se debe considerado estas alternativas:

2.1.1. Alternativa 1: Cangilones montados sobre cadena con descarga positiva

A velocidades bajas, el lanzamiento de la carga no posee lugar y la descarga de los cangilones se producirá, derramando el material para ello se tiene que colocar un piñón para que desvíe la posición de los cangilones y la carga pueda caer en una artesa de desvío del material [3].

Los cangilones están uno sobre otros muy pegados entre sí, sobre ramales duplos de cadena ver en la Figura 7. El llenado de los cangilones es por debajo de la rueda tensora inferior, este tipo de transportador se lo ocupa generalmente para el transporte de materiales polvorientos y pegajosos, cemento y materiales afines a la construcción.



Figura 7. Cangilones montados sobre cadena con descarga positiva [18].

2.1.2. Alternativa 2: Cangilones de escama montados sobre banda o cadena

Si se requiere descarga el material derramando desde el elevador inicial sin inclinar los cangilones, se pueden ocupar los cangilones de escama, permitiendo servir la pared como un escalón para la carga que se derrama del cangilón como se muestra en la Figura 8, este modelo se aplica a elevadores que tienen una velocidad inferior a los 0.8m/s [3].

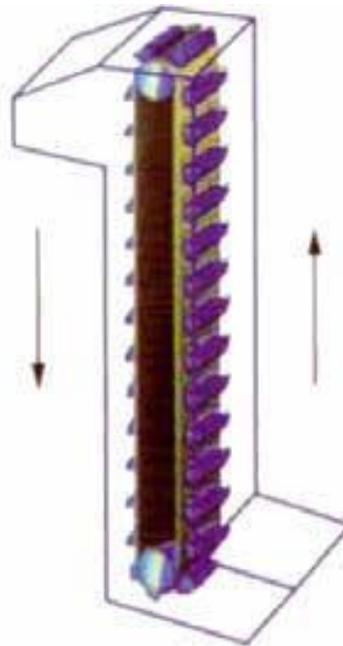


Figura 8. Cangilón de escama [3].

2.1.3. Alternativa 3: Sistema de elevación de cangilón por sistema polipasto

Para elevar los áridos desde el piso hasta la tolva se utilizará un sistema de elevación de cangilón auto descargable.

La trayectoria de movimiento del cangilón está determinada por la configuración de las guías y la descarga se produce cuando el cangilón se vuelca en el punto superior de la trayectoria del movimiento debido al desplazamiento de sus ruedas anteriores y posteriores por distintos rieles: las ruedas anteriores se desvían hacia la curva horizontal de la guía, mientras que las ruedas posteriores continúan rodando hacia arriba, lo que conduce al vuelco del cangilón como se muestra en la Figura 9 [19].

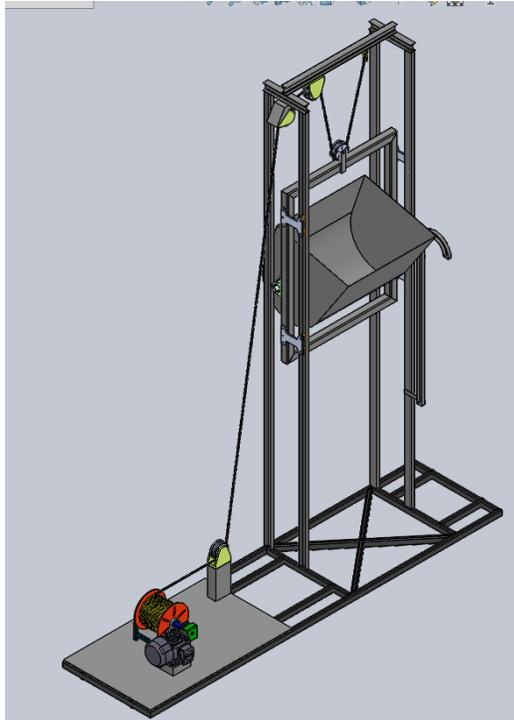


Figura 9. Elevador de cangilón sistema polipasto

Elaborado por Nelson Alarcón y Omar Quel

Los fabricantes de cangilones recomiendan que, dependiendo de tipo y cantidad de carga, sus velocidades de elevación pueden variar desde 0.1 m/s hasta 4 m/s; su anchura debe ser menor de 1.5 m y el material empleado para su fabricación cuando su cantidad es reducida puede ser de chapas de acero dúctil soldadas [3].

2.2.Evaluación de cada sistema de elevación

Para la selección se evalúa seis parámetros, los cuales son calificados en una escala del uno al cinco siendo:

- 5 = Excelente
- 4 = Muy Bueno
- 3 = Bueno
- 2 = Regular
- 1 = Malo

Los puntos considerados para evaluar son:

- Costo
- Facilidad de mantenimiento
- Funcionalidad
- Seguridad para el usuario
- Capacidad de producción
- Facilidad de fabricación

2.2.1. Costo

El enfoque del elevador está inclinado a la pequeña y mediana empresa, con un bajo costo puede ingresar a la competencia en el mercado. En la Tabla 3 se evaluará el costo de cada alternativa.

Tabla 3.Evaluación de Costos para las alternativas

Alternativa	Análisis	Puntaje
Alternativa 1	Tiene mayor cantidad de cangilones, requiere mayor robustez en la estructura.	3
Alternativa 2	Tiene mayor cantidad de cangilones, requiere mayor robustez en la estructura.	2
Alternativa 3	Requiere mayor número de poleas.	4

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

2.2.2. Facilidad de mantenimiento

En pequeñas y medianas empresas comúnmente no se cuenta con personal calificado en mantenimiento, por lo el trabajo se debe realizar por los propios operarios. En la Tabla 4 se evaluará la facilidad de mantenimiento de cada alternativa.

Tabla 4.Evaluación de la facilidad de mantenimiento para las alternativas

Alternativa	Análisis	Puntaje
Alternativa 1	Requiere mayor mantenimiento preventivo y poco mantenimiento correctivo.	4
Alternativa 2	Requiere mayor mantenimiento preventivo y poco mantenimiento correctivo.	4
Alternativa 3	Requiere menor mantenimiento preventivo y poco mantenimiento correctivo.	5

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

2.2.3. Funcionalidad

El elevador debe ser funcional y debe tener la capacidad de tener una larga durabilidad. En la siguiente tabla se evaluará la funcionalidad de cada alternativa.

Tabla 5.Evaluación de la funcionalidad para las alternativas

Alternativa	Análisis	Puntaje
Alternativa 1	Menor funcionalidad debido al esparcimiento de los áridos.	3
Alternativa 2	Los cangilones son fijos lo que la funcionalidad será estable.	5
Alternativa 3	El cangilón es fijo y la maniobra del operador estable.	4

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

2.2.4. Seguridad

El elevador debe ser seguro y debe presentar confianza al trabajar con este. En la siguiente tabla se evaluará la seguridad de cada alternativa.

Tabla 6.Evaluación de la seguridad para las alternativas

Alternativa	Análisis	Puntaje
Alternativa 1	Los cangilones son móviles cuando son elevados lo que requiere mayor maniobra del operario.	3
Alternativa 2	Los cangilones son fijos cuando son elevados lo que requiere menor maniobra del operario.	5
Alternativa 3	El cangilón es fijo cuando es elevado lo que requiere menor maniobra del operario.	5

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

2.2.5. Capacidad de Producción

El elevador debe tener alta capacidad para bajar los costos de producción. En la siguiente tabla se evaluará la capacidad de cada alternativa.

Tabla 7.Evaluación de la capacidad de producción para las alternativas

Alternativa	Análisis	Puntaje
Alternativa 1	Mayor número de cangilones, mayor transporte de áridos.	4
Alternativa 2	Mayor número de cangilones, mayor transporte de áridos.	5
Alternativa 3	Menor número de cangilones, menor transporte de áridos.	3

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

2.2.6. Facilidad de fabricación

El elevador debe ser fácil de producir, los materiales fáciles de encontrar con un ensamble rápido. En la siguiente tabla se evaluará la facilidad de fabricación de cada alternativa.

Tabla 8.Evaluación de la facilidad de fabricación para las alternativas

Alternativa	Análisis	Puntaje
Alternativa 1	Mayor tiempo de elaboración del elevador, ensamble lento a mayor número de piezas.	3
Alternativa 2	Mayor tiempo de elaboración del elevador, ensamble lento a mayor número de piezas.	2
Alternativa 3	Menor tiempo de elaboración del elevador, ensamble rápido a menor número de piezas.	4

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

2.2.7. Alternativa seleccionada

Síntesis de la evaluación de cada alternativa. En la Tabla 9 se resume la evaluación para las diferentes alternativas junto con su puntaje

Tabla 9. Síntesis de la evaluación para las alternativas.

Alternativa	Análisis						Valor Global	Valor Porcentual
Alternativa 1	Costo	Facilidad de Mantenimiento	Funcionalidad	Seguridad	Capacidad de Producción	Facilidad de Fabricación		
Alternativa 1	3	4	3	3	4	3	20	66,66%
Alternativa 2	2	4	5	5	5	2	23	76,66%
Alternativa 3	4	5	4	5	3	4	25	83,33%

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

El sistema que cumple con las necesidades de la empresa Hormibloque Ecuador es: cangilón por medio del sistema de polipasto, al tener que trabajar con áridos que llegan de las minas a cielo abierto ubicadas en provincia de Cotopaxi, los áridos mucha de las veces tiene distintas consistencias y humedades que afectan el peso del material, esto hace que no se pueda aplicar un sistema de medición por medio del peso del material a elevar, como se lo puede hacer con los elevadores de maíz, la manera de controlar la cantidad de material que ingresa al mezclador es el sistema de volumen de control, como es de conocimiento general los hormigones cumplen formulas exactas y es de suma importancia controlar la cantidad de material que ingresa al mezclador , porque si ingresa mayor cantidad de áridos la resistencia de los hormigones baja y esto afecta directamente al producto final.

La elección del tipo de sistema de elevación es el **canjilón por medio del sistema de polipasto**, a continuación, se presenta algunas de sus partes principales.

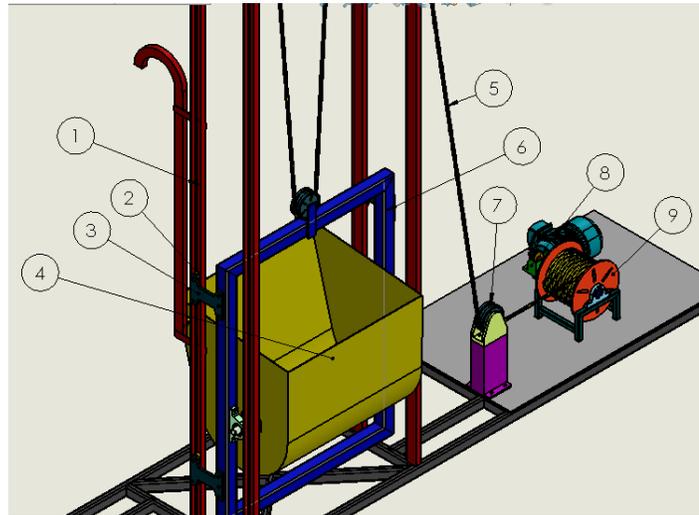


Figura 10. elevador de canjilón con sistema polipasto

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

1. Estructura
2. Ruedas guía
3. Soporte roda chines
4. Canjilón
5. Cable
6. Viga móvil
7. Polea de dirección
8. Motor reductor
9. Recolector de cable

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

Para el diseño del elevador se requiere calcular la masa que se debe elevar, para lo cual se sumarán todos los elementos móviles del elevador que se elevarán junto con los áridos.

3.1. Cálculo de Masa a Elevar

Se debe partir de la ecuación de la densidad.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Ec. 1

Donde:

$$\rho = \text{densidad} \quad [Kg/m^3]$$

$$m = \text{masa} \quad [Kg]$$

$$v = \text{volumen} \quad [m^3]$$

Desarrollo

$$m = \rho * v$$

3.1.1. Cálculo de la masa de los Áridos

La densidad de los áridos se obtiene de la tabla en el anexo 1 (Propiedades de los áridos)

$$\rho = 2050 \quad [Kg/m^3]$$

$$m = 2050 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] * 0.5 [m^3]$$

$$m = 1025 [Kg]$$

3.1.2. Cálculo de la masa de la Estructura Móvil

La densidad del acero A36 se obtiene de la tabla en el anexo 2 (Propiedades del acero)

$$\rho = 7850 [Kg/m^3]$$

$$m = 7850 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] * 0,0063 [m^3]$$

$$m = 49,77 [Kg]$$

3.1.3. Cálculo de la masa del Cubilote

La densidad del acero A36 se obtiene de la tabla en el anexo 2 (Propiedades del acero)

$$\rho = 7850 [Kg/m^3]$$

$$m = 7850 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] * 0,013 [m^3]$$

$$m = 102,91 [Kg]$$

3.1.4. Cálculo de la masa de la Brida

La densidad del acero A36 se obtiene de la tabla en el anexo 2 (Propiedades del acero)

$$\rho = 7850 [Kg/m^3]$$

$$m = 7850 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] * 0,000309 [m^3]$$

$$m = 2,43 [Kg]$$

Se multiplica por dos ya que se necesita una brida en cada lado.

$$m = 4,86 [Kg]$$

3.1.5. Cálculo de la masa de la Rueda Guía

La densidad del Duralón se obtiene de la tabla en el anexo 3 (Propiedades de materiales)

$$\rho = 1150 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$$

$$m = 1150 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right] * 0,00000933 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$m = 0,1[\text{Kg}]$$

Se multiplica por cuatro ya que se necesitan dos ruedas en cada lado.

$$m = 0,4[\text{Kg}]$$

3.1.6. Cálculo de la masa de la Polea

La densidad del aluminio se obtiene de la tabla en el anexo 2 (Propiedades del acero)

$$\rho = 2700 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$$

$$m = 2700 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right] * 0,000907 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$m = 2.4[\text{Kg}]$$

3.1.7. Cálculo del peso total a elevar

Se debe calcular el peso mediante la ecuación:

$$w = m * g$$

Ec. 2

Donde:

$$w = \text{peso total a elevar [Kg]}$$

$$g = \text{gravedad} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$m = \text{masa total a elevar [Kg]}$$

Para obtener la masa total a elevar se suman todas las masas anteriormente calculadas.

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6$$

$$m = 1025 [Kg] + 49.77 [Kg] + 102.91 [Kg] + 4,86 [Kg] + 0,4 [Kg] + 2,4 [Kg]$$

$$m = 1185,34 [kg]$$

Entonces encontramos el peso total.

$$w = 1185,34 [Kg] * 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$w = 11628,18 [N]$$

3.1. Análisis de esfuerzos del elevador por medio del sistema de polipasto

Para poder determinar los esfuerzos generados en las poleas se calcula la tensión en el cable como se muestra en la figura.

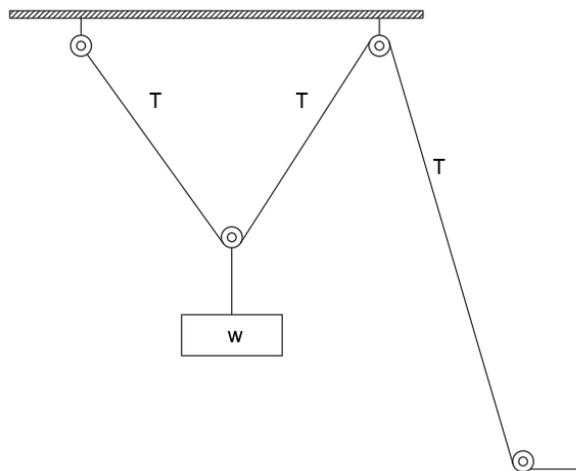


Figura 11. Bosquejo del Sistema de polipasto

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

$$T = \frac{W_t}{2}$$

Ec. 3

$$T = \frac{1185,34 [kg]}{2}$$

$$T = 592.62[kg]$$

3.2. Cálculo de Viga Principal

Los esfuerzos generados en la Viga secundaria se calcularán en base a las cargas puntuales generadas anteriormente, siendo estas las reacciones en la viga primaria.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A + R_B = P_1 + P_2$$

Ec. 4

$$P_1 = P_2 = T = 592.62[kg]$$

$$R_A + R_B = 1185,34 [kg]$$

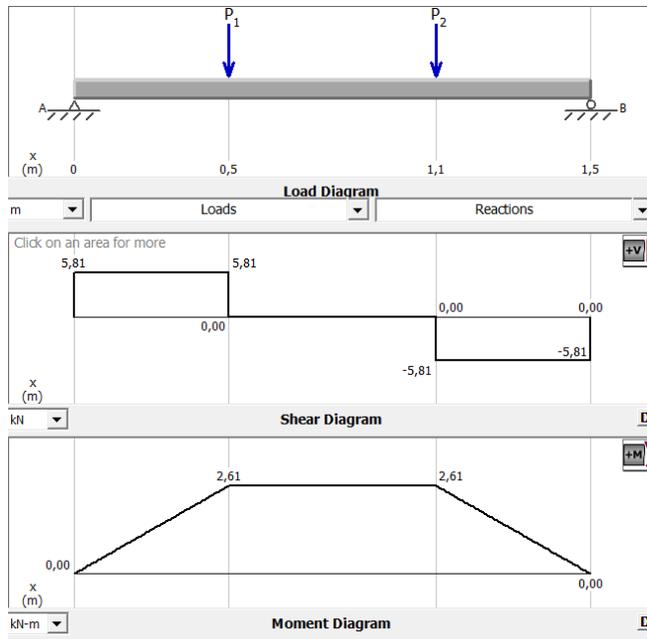


Figura 12. Análisis de momentos en viga principal

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

$$\sum M_A = 0$$

$$P_1 * 0,45[m] + P_2 * 1,05[m] - R_B * 1,5[m] = 0$$

Ec. 5

$$R_B = \frac{592.62[kg] * 0,45 [m] + 592.62[kg] * 1,05 [m]}{1,5 [m]} = 592.62 [Kg]$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_A - P_1 - P_2 + R_B = 0$$

Ec. 6

$$R_A - 592.62 [Kg] - 592.62 [Kg] + 592.62 [Kg] = 0$$

$$R_A = 592.62 \text{ [Kg]}$$

El momento máximo es

$$M_A = R_A \cdot l$$

Ec. 7

$$M_{max} = 592.62 \text{ [Kg]} * 0,45 \text{ [m]} = 266.67 \text{ [Kgm]}$$

Esfuerzo máximo de flexión

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{S_{x-x}}$$

Ec. 8

Donde

$$\sigma_{max} = \text{Esfuerzo máximo a la flexión [KPa]}$$

$$M_{max} = \text{Momento flector máximo [KN m]}$$

$$S_{x-x} = \text{Módulo de Sección [m}^2\text{]}$$

Se evalúa con la viga recomendada HEB 140 de módulo de sección de 216 [cm³]

Reemplazando en la Ec.8

$$\sigma_{max} = \frac{266.67 \text{ [Kgm]}}{0,000216 \text{ [m}^3\text{]}}$$

$$\sigma_{max} = 1234583 \text{ [Kg/m}^2\text{]}$$

El factor de seguridad se obtiene de la siguiente manera.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$$

Ec. 9

Donde:

$n = \text{Factor de seguridad}$

$S_y = \text{limite de fluencia } [KPa]$

El S_y del acero A36 es 25300000 $[Kg/m^2]$

Reemplazando en Ec.9

$$n = \frac{25300000 [Kg/m^2]}{1234625 [Kg/m^2]}$$

$$n = 20,49$$

El factor de seguridad es de $n= 20,69$ demostrando que la viga HBE 140 es satisfactoria para el diseño.

3.2.Cálculo de Viga Secundaria

Los esfuerzos generados en la Viga principal se calcularán en base a las cargas puntuales generadas anteriormente, siendo estas las tenciones en los cables.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_C + R_D = R_A$$

Ec. 10

A la anterior reacción R_A calculada se debe sumar el peso de la viga principal, este peso es de 0,06 [KN]

$$R_A = 592.62 [Kg]$$

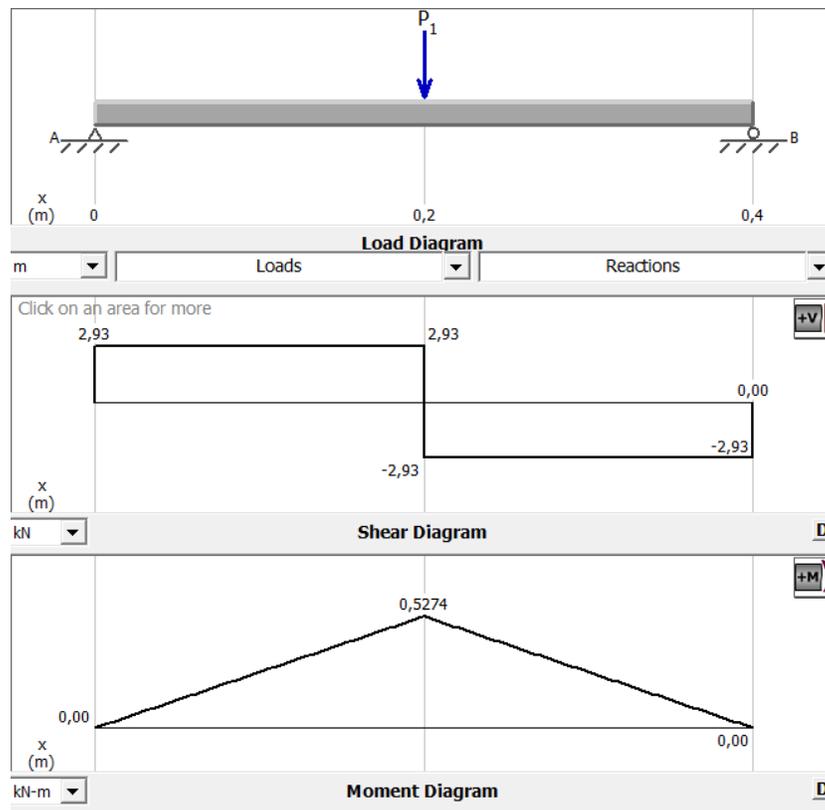


Figura 13. Análisis de momentos en viga principal

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

$$\sum M_C = 0$$

$$592.62 [Kg] * 0,18[m] = R_D * 0,36 [m] \quad \text{Ec.5}$$

$$R_D = \frac{592.62 [Kg] * 0,18 [m]}{0,36 [m]} = 296.31 [Kg]$$

$$R_C = 296.31 [Kg]$$

El momento máximo es

$$M_A = R_A \cdot l$$

$$M_{max} = 296.31 [Kg] * 0,18 [m] = 53.33 [Kgm]$$

Esfuerzo máximo de flexión

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{S_{x-x}}$$

Donde:

$$\sigma_{max} = \text{Esfuerzo máximo a la flexión} [KPa]$$

$$M_{max} = \text{Momento flector máximo} [KN m]$$

$$S_{x-x} = \text{Módulo de Sección} [m^2]$$

Se evalúa con la viga recomendada HEB 140 de módulo de sección de 216 [cm³]

Reemplazando en la Ec.8

$$\sigma_{max} = \frac{53.33 [Kgm]}{0,000216 [m^3]}$$

$$\sigma_{max} = 246898 [Kg/m^2]$$

El factor de seguridad se obtiene de la siguiente manera.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$$

Donde:

$n =$ Factor de seguridad

$S_y =$ limite de fluencia [KPa]

El S_y del acero A36 es 25300000 [Kg/m²]

Reemplazando en Ec.9

$$n = \frac{25300000 \text{ [Kg/m}^2\text{]}}{246925 \text{ [Kg/m}^2\text{]}}$$

$$n = 102$$

El factor de seguridad es de $n= 102$ demostrando que la viga HBE 140 es satisfactoria para el diseño.

3.3.Cálculo de Columna

Se realiza el cálculo analizando la esbeltez de la columna, las propiedades de la columna se observan en el anexo 4 (Tabla propiedades columna), los valores del factor K se observan en el anexo 5 (longitud efectiva K)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_{x-x}}{A}}$$

Ec. 11

Donde

$r_x =$ Radio de giro [cm]

$I_{x-x} =$ momento de inercia en el eje x [cm⁴]

I_{y-y} = momento de inercia en el eje y [cm⁴]

A = área [cm²]

$$r_x = \sqrt{\frac{1510[\text{cm}^4]}{43[\text{cm}^2]}} = 5.9 \text{ [cm]}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{550[\text{cm}^4]}{43[\text{cm}^2]}} = 3.57 \text{ [cm]}$$

Cálculo de la esbeltez de la columna

$$\lambda_x = \frac{k \cdot L}{r}$$

Ec. 12

Donde

λ_x = esbeltez de la columna

K = factor de longitud efectiva

L = longitud de la columna [cm]

r_x = Radio de giro [cm]

$$\lambda_x = \frac{1 * 450[\text{cm}]}{5.9[\text{cm}]} = 76$$

$$\lambda_y = \frac{1 * 225[\text{cm}]}{3.59[\text{cm}]} = 63.02$$

Cargas de servicio de la columna

$$P_u = (1.2) * P_D + (1.6)P_L$$

Ec. 13

Donde:

P_D = carga muerta [Kg]

P_L =Carga viva [Kg]

$$P_u = (1.2) * 151.65[kg] + (1.6) * 1184.9 [kg] = 1367[kg]$$

Esfuerzo de diseño, ver anexo 6(valores de $\varphi_c F_{cr}$)

$$\varphi_c F_{cr} = 24830 \left[\frac{lb}{in^2} \right] * \left[\frac{1[kg]}{2.2[lb]} \right] * \left[\frac{1[in^2]}{2.54^2[cm^2]} \right] = 1749 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

Resistencia de diseño

$$\varphi_c P_n = \varphi_c F_{cr} * A$$

Ec. 14

$$\varphi_c P_n = 1749 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] * 43[cm^2] = 75207[kg]$$

$$\varphi_c P_n > P_u$$

$$75207[kg] > 1367[kg]$$

Se determina que la selección de la columna HEB 140 de Dipac que existente en el mercado, es aceptable, ya que, la resistencia del diseño es mayor a la carga de servicio.

3.4.Cálculo de Pernos de Anclaje

Pernos de anclaje son conexiones tradicionales entre una columna de acero y una fundición de concreto se basa en una placa de acero la cual es anclada al hormigón mediante pernos de anclaje como se muestra a continuación.

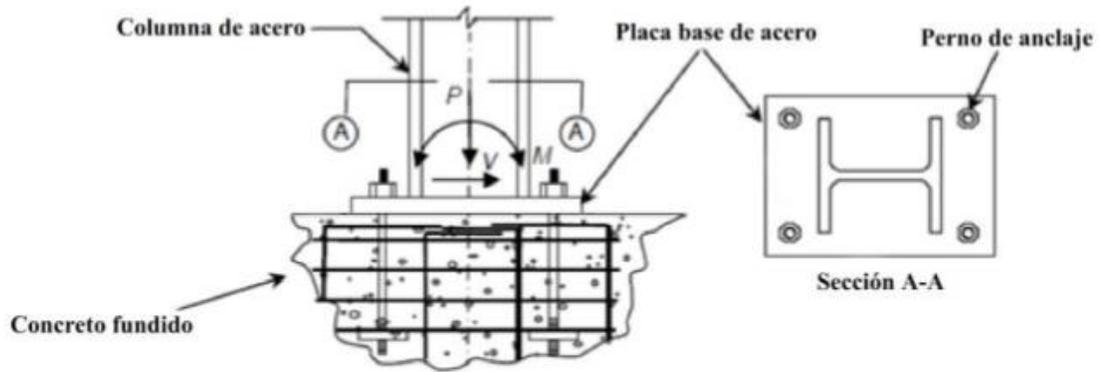


Figura 14. Base de la columna [20]

La estructura está diseñada para soportar diferentes esfuerzos desarrollados en la columna debido a cargas laterales y gravitacionales los cuales afectan el correcto funcionamiento de la conexión entre la columna y el concreto como se muestra en la figura, debido a esto se debe tomar en cuenta las diferentes cargas para diseñar los pernos de anclaje.

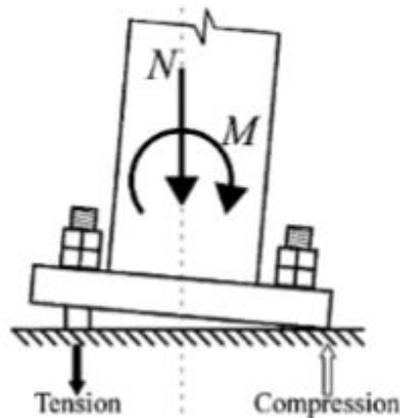


Figura 15. esfuerzos en la columna [20]

Momento

$$M = F [kg] * L [cm]$$

Ec. 15

Donde

M= momento [kg*cm]

F= fuerza [Kg]

L= distancia [cm]

d= distancia [cm]

$$M = 1184.91 [kg] * 59 \text{ cm} = 69909.69 [kg * cm]$$

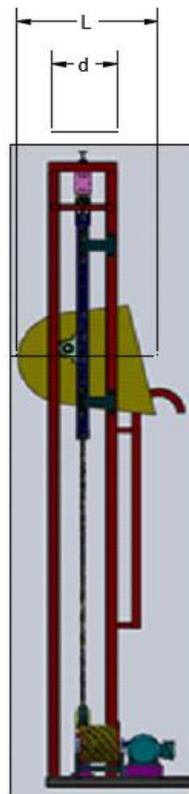


Figura 16. Distancias criticas

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

$$M_2 = M$$

Ec. 16

$$F * d = 69909.91 [kg * cm]$$

$$F = \frac{69909.91 [kg * cm]}{36 [cm]} = 1941.43 [kg]$$

$$P = \frac{1941.43 [Kg]}{2} = 970.71 [kg]$$

Factor de seguridad

$$Fs = 5$$

los pernos ensayados son 8.8 con una resistencia elástica $Fy = 6400 [Kg/cm^2]$

$$Ft = \frac{Fy}{Fs}$$

Ec. 17

Donde

Ft= fuerza [Kg]

Fy= resistencia elástica mínima $[Kg/cm^2]$

Fs= factor de seguridad

$$Ft = \frac{6400 [Kg/cm^2]}{5}$$

$$Ft = 1128$$

$$Ft = \frac{P}{A}$$

Ec. 18

$$A = \frac{P}{Ft} = \frac{970.70[kg]}{1128 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]}$$

$$A = 0.86 \text{ cm}^2$$

Se calcula el diámetro del perno a seleccionar

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Ec. 19

Donde

A= área [cm²]

d= es el diámetro del perno [cm]

$$d = \sqrt{\frac{4 A}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 0.86[cm^2]}{\pi}} = 1.04 \text{ [cm]}$$

$$d = 1.04[cm] = 10.46[mm]$$

El diámetro de los pernos de sujeción es 10.46 [mm], como en el mercado existen pernos comerciales M12 estos pernos serían los ideales. Para el cálculo de la longitud del perno, primero se debe diseñar la placa base en función de este diámetro.

2.3.3.5. Calculo placa base

Para cálculo de las medidas en las placas base se utiliza el método de diseño por esfuerzos permisibles (ASD) para soportar una columna.

Material ASTM A36

$$f_y = 0.6 S_y$$

Ec. 20

$$f_y = 0.6 * 2530 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] = 1518 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

De la tabla columnas se obtiene los valores del perfil HEB 140.

$$h = 14 \text{ [cm]} \quad b = 14 \text{ [cm]}$$

Para el hormigón aplicamos una resistencia.

$$F_c = 214.14 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

El diámetro de los pernos de anclaje.

$$d_{perno} = 12 \text{ [mm]}$$

Las longitudes mínimas de la placa base se determinan en base a los siguientes cálculos.

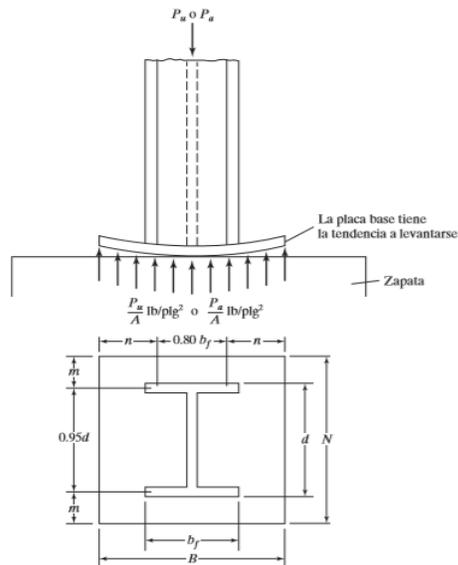


Figura 17. dimensionamiento placa base [21]

$$N > h + (10 + d_{perno})$$

Ec. 21

$$N > 14[cm] + (10 + 1.2 [cm])$$

$$N > 26[cm]$$

$$B > b + (6d_{perno})$$

Ec. 22

$$B > 14[cm] + (6 * 1.2 [cm])$$

$$B > 21.2 [cm]$$

Se elige planchas de con N= 30 [cm] y B= 30 [cm] para cumplir con la condición anterior.

Tención de compresión máxima en el hormigón.

$$P_p = 0.85 * f_c * A$$

Ec. 23

Donde:

Pp = resistencia nominal al concreto [kg]

fc= resistencia del hormigón $\left[\frac{kg}{cm^2}\right]$

A= área [cm²]

$$A=B*N$$

$$A=30[cm]*30[cm]= 900 [cm^2]$$

$$P_p = 0.85 * 210 \left[\frac{kg}{cm^2}\right] * 900[cm^2] = 160650 [kg]$$

La resistencia del hormigón se la obtiene de la norma ecuatoriana para hormigones que se encuentra en el anexo (15 hormigones)

Selección del factor entre n, m, λn

$$m = \frac{N-0.95h}{2}$$

Ec. 24

$$m = \frac{30[cm] - 0.95 * 14[cm]}{2} = 8.35 [cm]$$

$$n = \frac{B-0.95b}{2}$$

Ec. 25

$$n = \frac{30[cm] - 0.8 * 14[cm]}{2} = 9.4 [cm]$$

$$\lambda n = \frac{\sqrt{b*h}}{4}$$

Ec. 26

$$\lambda n = \frac{\sqrt{14[cm] * 14[cm]}}{4} = 3.5[cm]$$

Para la carga total transmitida de la columna a la placa.

$$P_a = \frac{p_p}{\Omega_c}$$

Ec. 27

$$P_a = \frac{163817 [kg]}{2.31} = 70916 [kg]$$

Cálculo de espesor de placa requerida

$$t_{req} = n \sqrt{\frac{3.33 * P_a}{f_y * B * N}}$$

Ec. 28

$$t_{req} = 9.4 [cm] * \sqrt{\frac{3.33 * 70916 [kg]}{1518 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] * 30[cm] * 30[cm]}}$$

$$t_{req} = 1.62 [cm] = 16 [mm]$$

El espesor de la placa base es de 16[mm], es un espesor razonable en función del trabajo que realiza la columna.

Para elegir el largo de los pernos de anclaje se considera:

Distribución de tensiones uniforme: $L_b = 12 * d$

Ec. 29

Distribución de tensiones lineal: $L_b = 8 * d$

Ec. 30

Distribución de tensiones no lineal: $L_b = 4.8 * d$

Ec. 31

Donde (d) es el diámetro del perno

$$L_b = 8 * 12[mm] = 96[mm]$$

En el mercado se encuentran pernos de 100[mm]

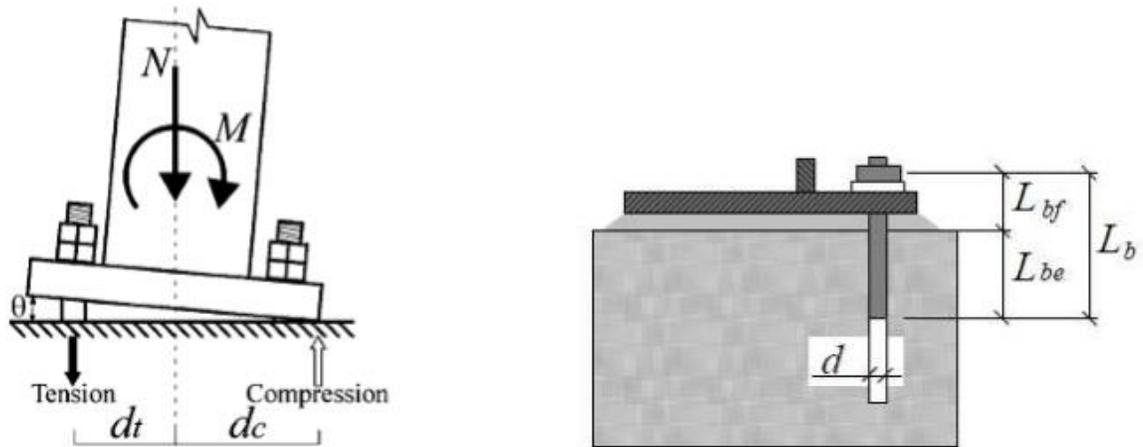


Figura 18. pernos de anclaje [22]

Para comprobar la efectividad del anclaje se calcula la rigidez rotacional de una conexión en la base de la columna

$$K_b = \frac{E \cdot n \cdot A \cdot (d_t - d_c)}{2L_p}$$

Ec. 32

Donde

E = Módulo de elasticidad del perno [kg/cm^2]

n = número de pernos en el lateral

A = área del perno [cm^2]

d_t = distancia del centro de la columna al eje del perno [cm]

d_c = distancia del centro de la columna al borde de la placa [cm]

L_p = longitud del perno [cm]

$$K_b = \frac{2039432 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] * 2 * 1.13[cm^2] * [(11[cm] + 15[cm])]^2}{2 * 12.5[cm]}$$

$$K_b = 115227909 [kg * cm]$$

$$K_b > M$$

$$115227908 [kg * cm] > 69909.69 [kg * cm]$$

La distancia del perno embebido en el hormigón es 125[mm], se utilizarán pernos M12*125[mm], como se muestra el anexo (14 pernos de anclaje).

3.5.Cálculo Viga Móvil

Para el cálculo de la viga móvil se analizará la sección de la viga y el análisis de la soldadura.

3.5.1. Cálculo de la sección de la Viga

Los esfuerzos generados en la Viga móvil se calcularán en base a la carga puntual generada anteriormente, siendo esta la tensión en el cable.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_F + R_G = T$$

$$T = 592.62[kg]$$

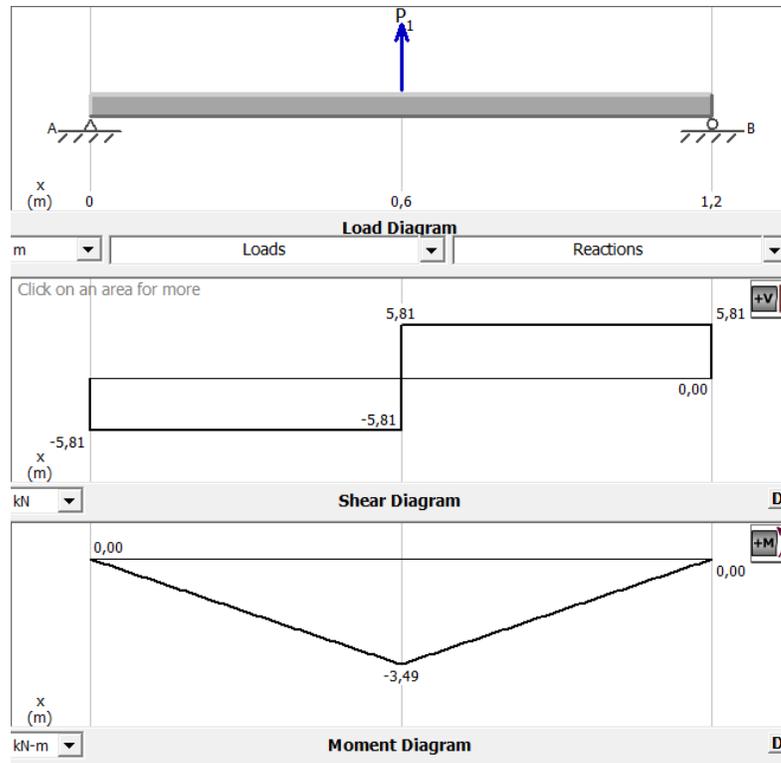


Figura 19. Análisis de momentos en viga principal

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

$$\sum M_F = 0$$

$$592.62 [Kg] * 0,06[m] = R_G * 0,12 [m] \quad \text{Ec.5}$$

$$R_G = \frac{592.62 [Kg] * 0,06[m]}{1,2 [m]} = 29.31[Kg]$$

$$R_F = 29.31[Kg]$$

El momento máximo es

$$M_A = R_A \cdot l \quad \text{Ec.7}$$

$$M_{max} = 29.31[Kg]0,6 [m] = 17.58[Kgm]$$

Esfuerzo máximo de flexión

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{S_{x-x}} \quad \text{Ec.8}$$

Donde

σ_{max} = Esfuerzo máximo a la flexión [KPa]

M_{max} = Momento flector máximo [KN m]

S_{x-x} = Módulo de Sección [m^2]

Se evalúa con la viga recomendada IPN 80 de módulo de sección de 19,5 [cm^3], ver anexo 6 (propiedades de viga IPN80)

Reemplazando en la Ec.8

$$\sigma_{max} = \frac{17.58 [Kgm]}{0,0000195 [m^3]}$$
$$\sigma_{max} = 901538.46 \left[\frac{kg}{m^2} \right]$$

El factor de seguridad será.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \quad \text{Ec.9}$$

Donde:

n = Factor de seguridad

S_y = límite de fluencia [KPa]

El S_y del acero A36 es 250 000 [KPa]

Reemplazando en Ec.9

$$n = \frac{25300000 [Kg/m^2]}{901538.46 \left[\frac{kg}{m^2} \right]}$$

$$n = 28$$

El factor de seguridad es de $n= 28$ demostrando que la viga IPN 80 es satisfactoria para el diseño.

3.5.2. Análisis de soldadura de la viga móvil

El elemento con mayor esfuerzo en la soldadura, es la viga que sostiene a la polea en el sistema elevador de polipasto para ello se realiza el siguiente calculo.

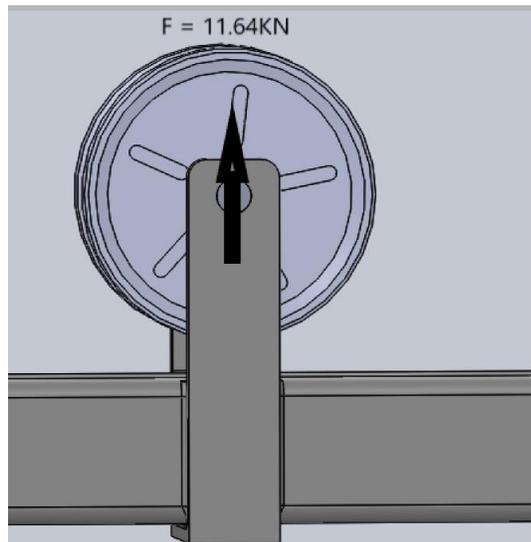


Figura 20 Fuerza en la viga móvil

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

$$\text{Acero A36} \quad S_{ut} = 400 \text{ MPa} \quad S_y = 250 \text{ MPa}$$

$$\text{Electrodo} = E70xx \quad S_{ut} = 482 \text{ MPa} \quad S_y = 393 \text{ MPa}$$

Factor de esfuerzo a la fatiga

$$K_a = aS_{ut}^b$$

Ec. 33

Donde:

$$K_a = \text{factor de condicion superficial}$$

Reemplazando en la Ec.14

$$K_a = 272 * 482^{-0.995} = 0.5820$$

$$A = 1.414 hd$$

Ec. 34

Donde:

A= área cortante [m^2]

h= altura de la soldadura

d= distancia de la soldadura

reemplazando en Ec.15

$$A = 1.414 * 9.52 * 80 / 1000^2 = 1.$$

$$A = 1.414 * 9.52 * \frac{80}{1000^2} = 1.0769 * 10^{-3} m^2$$

Esfuerzo cortante sobre la garganta

Kb = factor de forma

Kc= factor de carga

Kb= 1

Kc = 0.59

Factor límite de resistencia a la fatiga

$$S_e = \text{Factor limite de resistencia a la fatiga}$$

$$S_e = K_a K_b K_c S_e''$$

Ec. 35

Donde:

$$S_e'' = 0.5 * S_{ut}$$

Ec. 36

Desarrollo Ec.17

$$S_e'' = 0.5 * 400 \text{ MPa} = 200 \text{ MPa}$$

Desarrollo Ec.16

$$S_e = 0.5820 * 0.59 * 200 = 68.676 \text{ MPa}$$

Fuerza que actúa en la soldadura

$$F_a = 11.64 \text{ KN}$$

Esfuerzo cortante primario

$$\tau_a' = \frac{K_{fs} F_a}{A}$$

Ec. 37

$$\tau_a' = \frac{2.7 * 11.64}{1.0769 * 10^{-3}} = 29183 \text{ KPa}$$

Factor de seguridad

$$n_f = \frac{S_e}{\tau_a}$$

Ec. 38

Desarrollando la Ec.19

$$n_f = \frac{68.672 \text{ MPa}}{29.183 \text{ MPa}} = 2.35$$

3.6. Cálculo Placa Polea Fija

3.6.1. Fractura por tensión sobre el área neta efectiva

$$P_n = 2t * b_e * f_u$$

Ec. 39

Donde

P_n = resistencia permisible a la fractura [kg]

t = espesor de la placa [cm]

b_e = distancia entre el agujero y el borde de la placa [cm]

f_u = Resistencia a la tracción ultima [kg/cm²]

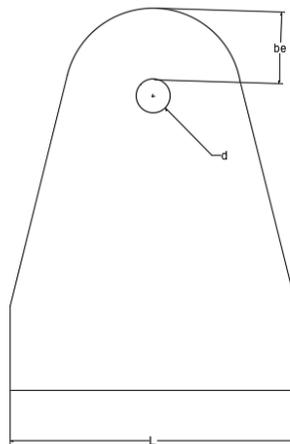


Figura 21. Plancha polea fija

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

$$b_e = 2 * t + 0,63$$

Ec. 40

$$b_e = 2 * 1 [cm] + 0,63$$

$$b_e = 2,63 [cm]$$

$$P_n = 2 * 1 [cm] * 3,63 [cm] * 4080 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$P_n = 21460,8 [kg]$$

Se compara la resistencia permisible a la fractura con la masa a elevar, se determina que la placa es aceptable.

$$P_n = 21460,8 [kg] \geq 1184,91 [kg]$$

3.6.2. Resistencia por fractura por cortante sobre el área efectiva

$$P_n = 0.6 * 2t * \left[b_e + \frac{d}{2} \right] * f_u$$

Ec. 41

Donde

P_n = resistencia permisible a la fractura [kg]

t = espesor de la placa [cm]

b_e = distancia entre el agujero y el borde de la placa [cm]

f_u = Resistencia a la tracción ultima [kg/cm²]

d= diámetro del agujero [cm]

$$P_n = 0,6 * 2 * 1 [cm] * \left[3,6 [cm] + \frac{2 [cm]}{2} \right] * 4080 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$P_n = 17772.,8 [kg]$$

Se compara la resistencia por fractura por cortante sobre el área neta efectiva con la masa a elevar, se determina que la placa es aceptable.

$$P_n = 17772,48[kg] \geq 1184,91 [kg]$$

3.6.3. Resistencia por fluencia a la tensión en la sección total

$$P_n = f_y * L * t$$

Ec. 42

Donde:

P_n = resistencia permisible a la fractura [kg]

t = espesor de la placa [cm]

f_y = esfuerzo de fluencia [kg/cm²]

L= ancho de la placa[cm]

$$P_n = 2530 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] * 17[cm] * 1[cm] = 43010[kg]$$

$$P_n = 43010[kg]$$

Se compara la resistencia por fluencia a la tensión con la masa a elevar, se determina que el espesor de la placa de 1 [cm] es aceptable.

$$P_n = 43010 [kg] \geq 1184,91 [kg]$$

3.7.Cálculo Placa Polea Móvil

3.7.1. Fractura por tensión sobre el área neta efectiva

$$P_n = 2t * b_e * f_u$$

Ec. 43

Donde:

P_n = resistencia permisible a la fractura [kg]

t = espesor de la placa [cm]

b_e = distancia entre el agujero y el borde de la placa [cm]

f_u = Resistencia a la tracción ultima [kg/cm²]

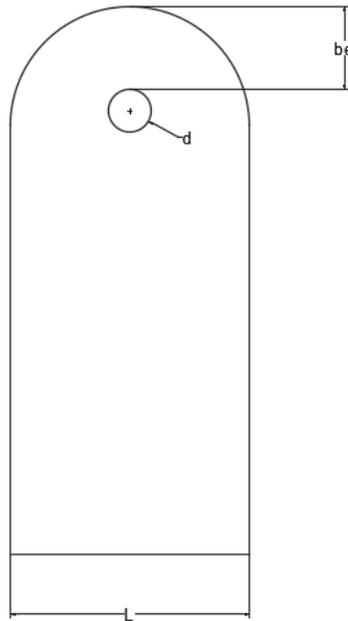


Figura 22.placa viga móvil

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

$$b_e = 2 * t + 0.63 \quad \text{Ec.41}$$

$$b_e = 2 * 1[\text{cm}] + 0.63$$

$$b_e = 2.63 [\text{cm}]$$

$$P_n = 2 * 1[\text{cm}] * 3.63[\text{cm}] * 4080 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$P_n = 21460.8 [\text{kg}]$$

Se compara la resistencia permisible a la fractura con la masa a elevar, se determina que la placa es aceptable.

$$P_n = 21460.8 [kg] \geq 1184.91 [kg]$$

3.7.2. Resistencia por fractura por cortante sobre el área efectiva

$$P_n = 0.6 * 2t * \left[b_e + \frac{d}{2} \right] * f_u$$

Donde:

P_n = resistencia permisible a la fractura [kg]

t = espesor de la placa [cm]

b_e = distancia entre el agujero y el borde de la placa [cm]

f_u = Resistencia a la tracción ultima [kg/cm²]

d = diámetro del agujero [cm]

$$P_n = 0.6 * 2 * 1[cm] * \left[3.63[cm] + \frac{1.8 [cm]}{2} \right] * 4080 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$P_n = 17282.88 [kg]$$

Se compara la resistencia por fractura por cortante sobre el área neta efectiva con la masa a elevar, se determina que la placa es aceptable.

$$P_n = 17282.88 [kg] \geq 1184.91 [kg]$$

3.7.3. Resistencia por fluencia a la tensión en la sección total

$$P_n = f_y * L * t$$

Donde:

P_n = resistencia permisible a la fractura [kg]

t = espesor de la placa [cm]

f_y = esfuerzo de fluencia [kg/cm²]

L = ancho de la placa [cm]

$$P_n = 2530 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] * 10[cm] * 1[cm]$$

$$P_n = 25300[kg]$$

Se compara la resistencia por fluencia a la tensión con la masa a elevar, se determina que el espesor de 1 [cm] de la placa es aceptable.

$$P_n = 25300 [kg] \geq 1184.91 [kg]$$

3.8.Cálculo Eje Polea Fija

Los esfuerzos generados en el eje de la polea se calcularán en base a las reacciones puntuales generadas en dicho eje.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_J + R_K = T$$

$$R_J + R_K = 5810 [N]$$

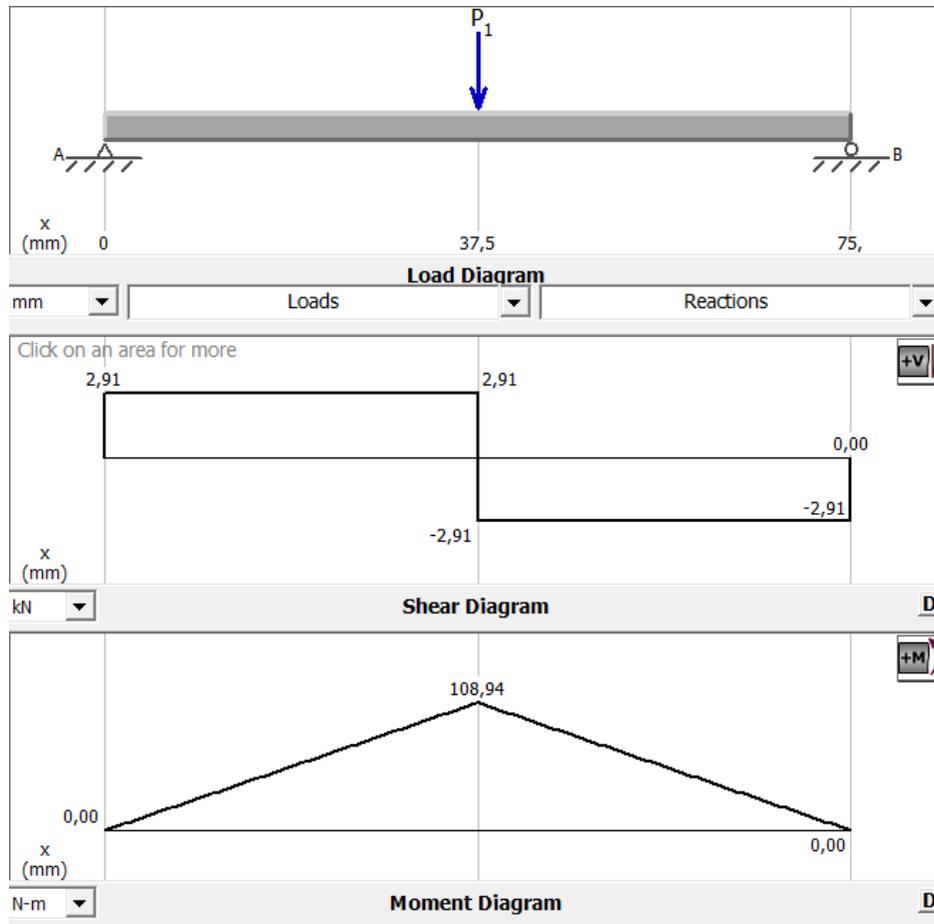


Figura 23. Análisis de momentos en Eje polea Fija

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

$$\sum M_j = 0$$

$$R_j * 0,075[m] - T * 0,0375[m] = 0$$

$$R_j = \frac{5810[N] * 0,0375 [m]}{0,075 [m]} = 2905 [Nm]$$

$$R_k = 2905 [N]$$

El momento máximo es:

$$M_{m\acute{a}x} = R_K \cdot l$$

$$M_{max} = 2905 \text{ [N]} * 0,0375 \text{ [cm]} = 108,94 \text{ [N m]}$$

El Esfuerzo requerido es:

$$[\sigma] = \frac{S_y}{F_s}$$

Donde:

$$[\sigma] = \text{Esfuerzo admisible [N/m}^2\text{]}$$

$$S_y = \text{Resistencia a la fluencia [N/m}^2\text{]}$$

$$F_s = \text{factor de seguridad}$$

El factor de seguridad será de 2

$$[\sigma] = \frac{530 * 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}}{2}$$

$$[\sigma] = 265 * 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

El Esfuerzo máximo de flexión es:

$$\sigma_{m\acute{a}x.} = \frac{32 M}{\pi d^3}$$

Ec. 44

Donde:

$$\sigma_{max} = \text{Esfuerzo máximo a la flexión [KPa]}$$

$$M = \text{Momento flector máximo [KN m]}$$

$$d = \text{diámetro del eje [m]}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * 108,94 [N \text{ cm}]}{\pi * 265 [N/cm^2]}}$$

$$d = 1,6 \text{ cm}$$

Por lo tanto, el diámetro de 2,2 [cm] del eje en la polea móvil es ideal para el diseño aumentando el factor de seguridad.

$$\sigma_{m\acute{a}x.} = \frac{32 * 108.94[Nm]}{\pi[0.022]^3[m^3]} = 104.2 [MP_a]$$

$$\sigma_{adm.} > \sigma_{m\acute{a}x.}$$

$$265[MP_a] > 104.2 [MP_a]$$

Po lo tanto, el diseño es satisfactorio, ya que, el esfuerzo admisible es mayor al esfuerzo máximo del eje.

3.9.Cálculo Eje Polea Móvil

Los esfuerzos generados en el eje de la polea se calcularán en base a las reacciones puntuales generadas en dicho eje.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_L + R_M = T$$

$$R_L + R_M = 11620 [N]$$

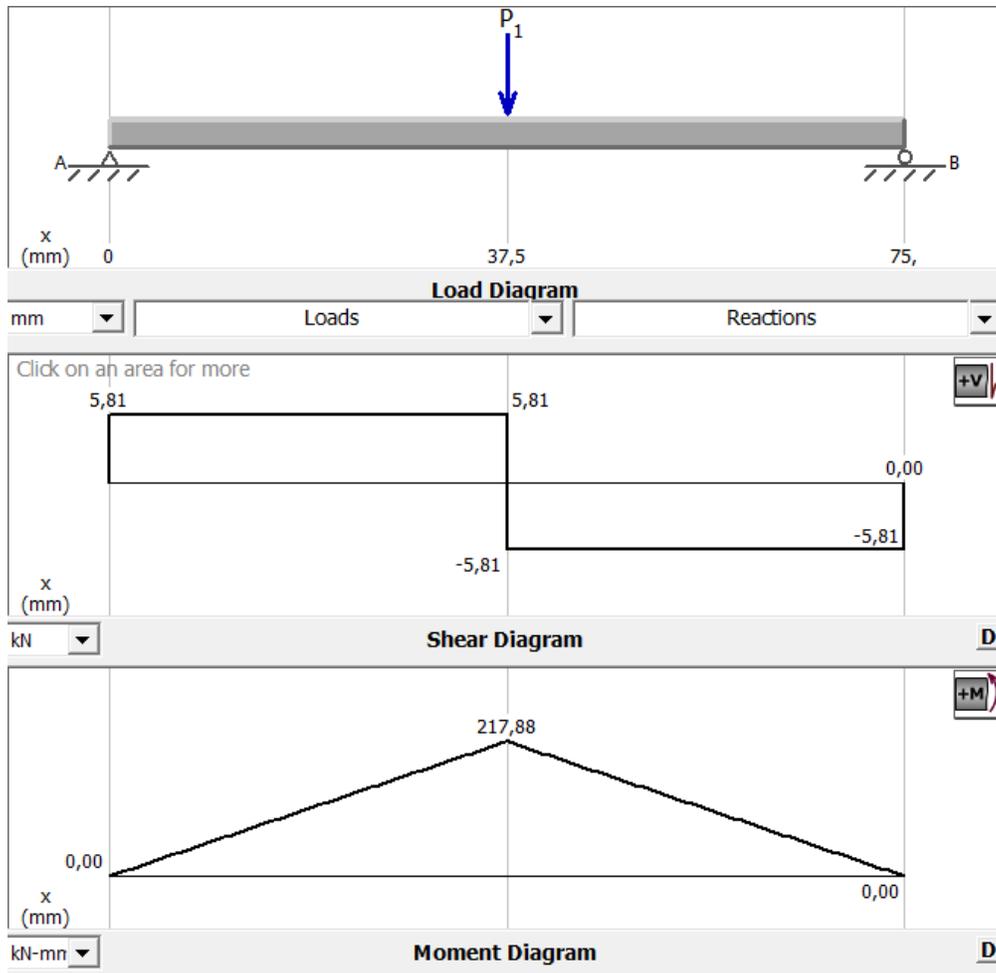


Figura 24. Análisis de momentos en Eje polea Fija

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

$$\sum M_L = 0$$

$$R_M * 0,075[m] - T * 0,0375[m] = 0$$

$$R_M = \frac{11620[N] * 0,0375 [m]}{0,075 [m]} = 5810 [Nm]$$

$$R_L = 5810 [N]$$

El momento máximo es:

$$M_{m\acute{a}x} = R_L \cdot l$$

$$M_{max} = 5810 \text{ [N]} * 0,0375 \text{ [cm]} = 217,88 \text{ [N m]}$$

El Esfuerzo requerido es:

$$[\sigma] = \frac{Sy}{Fs}$$

Donde

$$[\sigma] = \text{Esfuerzo admisible [N/m}^2\text{]}$$

$$Sy = \text{Resistencia a la fluencia [N/m}^2\text{]}$$

$$Fs = \text{factor de seguridad}$$

El factor de seguridad será de 2

$$[\sigma] = \frac{530 * 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}}{2}$$

$$[\sigma] = 265 * 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

El Esfuerzo máximo de flexión es:

$$\sigma_{m\acute{a}x.} = \frac{32 M}{\pi d^3}$$

Ec. 45

Donde:

$$\sigma_{max} = \text{Esfuerzo máximo a la flexión [KPa]}$$

$$M = \text{Momento flector máximo [KN m]}$$

$$d = \text{diámetro del eje [m]}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * 217,88 [N \text{ cm}]}{\pi * 265 [N/cm^2]}}$$

$$d = 2,03 \text{ cm}$$

Por lo tanto, el diámetro de 2,2 [cm] del eje en la polea móvil es ideal para el diseño aumentando el factor de seguridad.

$$\sigma_{m\acute{a}x.} = \frac{32 * 217.88[Nm]}{\pi[0.022]^3[m^3]} = 208.4 [MP_a]$$

$$\sigma_{adm.} > \sigma_{m\acute{a}x.}$$

$$265[MP_a] > 208.4 [MP_a]$$

Po lo tanto, el diseño es satisfactorio, ya que, el esfuerzo admisible es mayor al esfuerzo máximo del eje.

3.10. Cálculo Eje Cubilote

Los esfuerzos generados en el eje cubilote se calcularán en base a las reacciones puntuales generadas en dicho eje.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_N = P$$

$$R_N = 5810 [N]$$

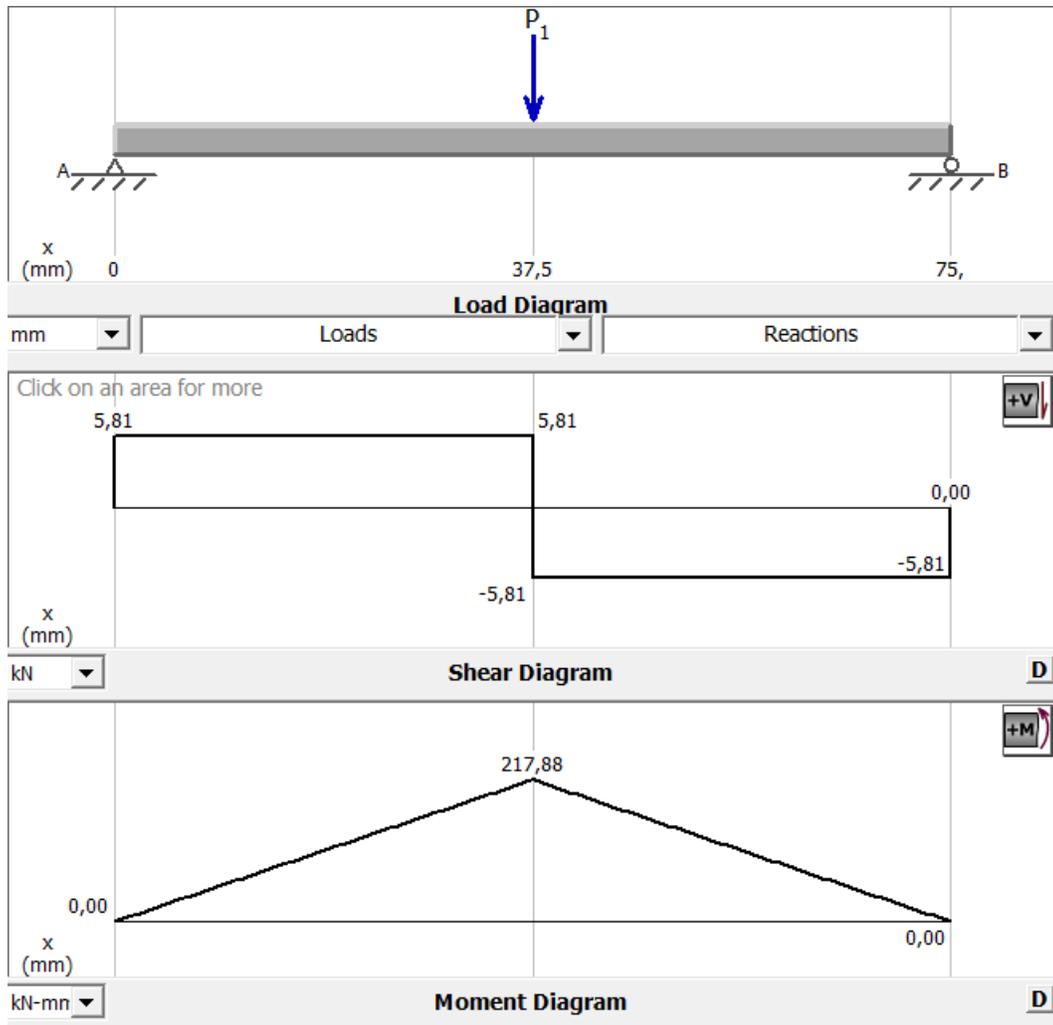


Figura 25. Análisis de momentos en Eje polea Fija
 Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

El momento máximo es:

$$M_{m\acute{a}x} = R_N \cdot l$$

$$M_{max} = 5810 \text{ [N]} * 0,025 \text{ [cm]} = 145,25 \text{ [N m]}$$

El Esfuerzo requerido es:

$$[\sigma] = \frac{Sy}{Fs}$$

Donde:

$$[\sigma] = \text{Esfuerzo admisible} [N/m^2] P$$

$$S_y = \text{Resistencia a la fluencia} [N/m^2]$$

F_s = factor de seguridad

El factor de seguridad será de 2

$$[\sigma] = \frac{530 * 10^6 [N/m^2]}{2}$$

$$[\sigma] = 265 * 10^6 [N/m^2]$$

El Esfuerzo máximo de flexión es:

$$\sigma_{\text{máx.}} = \frac{32 M}{\pi d^3}$$

Donde

$$\sigma_{\text{max}} = \text{Esfuerzo máximo a la flexión} [KPa]$$

$$M = \text{Momento flector máximo} [KN m]$$

$$d = \text{diámetro del eje} [m]$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * 145,25 [N cm]}{\pi * 265 [N/cm^2]}}$$

$$d = 1,77 \text{ cm}$$

Por lo tanto, el diámetro de 2 [cm] del eje en la polea móvil es ideal para el diseño aumentado el factor de seguridad.

$$\sigma_{m\acute{a}x.} = \frac{32 * 145.25[Nm]}{\pi[0.02]^3[m^3]} = 184.9 [MP_a]$$

$$\sigma_{adm.} > \sigma_{m\acute{a}x.}$$

$$265[MP_a] > 184.9 [MP_a]$$

Po lo tanto, el dise\~no es satisfactorio, ya que, el esfuerzo admisible es mayor al esfuerzo m\~aximo del eje.

3.11. C\~alculo de plancha Cubilote

C\~alculo de momento m\~aximo

$$M_{max} = \frac{WL^2}{8}$$

Donde

W= Carga aplicada [kg/cm]

L= Longitud [cm]

$$M_{max} = \frac{10.25 \left[\frac{kg}{cm} \right] * [100]^2 [cm]^2}{8} = 12812 [kg * cm]$$

M\~odulo de secci\~on

$$s = \frac{\pi r^3}{32}$$

$$s = \frac{\pi [34]^3 [cm^3]}{32} = 3858.66 [cm^3]$$

Esfuerzo en la placa del cubilote

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{S_{x-x}}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{12812 [kg * cm]}{3858.66[cm^3]} = 3.32 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

Presi3n ejercida por el 3rido a la placa

$$P = \frac{F}{A}$$

Ec. 46

Donde

F= fuerza [kg]

A= 3rea [cm²]

3rea de las placas frontales.

$$A1 = 46 [cm] * 100[cm] * 2 = 920[cm^2]$$

3rea de placas laterales circulares.

$$A2 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi [68]^2 [cm^2]}{4} = 3632 [cm^2]$$

3rea de la placa lateral.

$$A3 = 68[cm] * 46[cm] * 2 = 6256 [cm^2]$$

3rea de placa circular del piso.

$$A4 = 107[cm] * 100[cm] = 14313[cm^2]$$

3rea total

$$A = A1 + A2 + A3 + A4$$

$$A = 920[cm^2] + 3632 [cm^2] + 6256 [cm^2] + 14313[cm^2] = 25121[cm^2]$$

$$P = \frac{1025 [kg]}{25121[cm^2]} = 0.040 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

Cálculo de espesor de la placa

$$P * d = 2t * \sigma$$

Ec. 47

$$t = \frac{P * d}{2 * \sigma}$$

$$t = \frac{0.040 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] * 68[cm]}{2 * 3.32 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]} = 0.40[cm]$$

El espesor de la placa es de 4[mm]. es un valor aceptable para esta función.

3.12. Cable y polea

El uso de cables de acero es común en aparatos de elevación. Se han sustituido las cadenas por dichos cables, al tener mayores ventajas. Su peso es reducido, permitiendo elevadas velocidades, generan menos ruido y aumentan la seguridad al no romperse de golpe como las cadenas, su desmembramiento de los hilos es de forma paulatina. Poseen un inconveniente de imponer poleas y tambores de elevados radios [23].

Carga útil (Tm)	Diámetro del cable	Dimensiones					Polea		Peso total (kg)
		a	b	c	e	f	D	d	
1	6,5-9	250	155	80	248	250	200	40	27
2,5	9-11	295	195	90	312	280	250	50	50
5	9-11	350	220	100	360	310	300	60	86
7,5	13-18	400	260	110	424	340	350	70	120
10	13-18	450	285	125	480	380	400	80	170
15	20-25	530	345	140	592	420	500	90	270
20	20-25	600	370	160	642	470	550	100	360
25	24-31	660	410	180	712	530	600	110	480
30	24-31	735	465	200	810	590	700	125	640

Figura 26. Tabla de selección Cable y Polea [23]

A continuación, podremos observar una tabla con las propiedades del cable



6x19
ALMA DE FIBRA
ACERO ARADO MEJORADO (Galvanizado)

DIAMETRO		Peso Aprox. en Kgs. por metro	Resistencia a la ruptura en toneladas Efectiva
mm.	pulg.		
3.18	1/8"	0.040	0.55
4.76	3/16"	0.080	1.18
6.35	1/4"	0.150	2.17
7.94	5/16"	0.240	3.35
9.53	3/8"	0.340	4.82
12.70	1/2"	0.600	8.70
14.30	9/16"	0.760	11.00
15.90	5/8"	0.940	13.60
19.05	3/4"	1.340	19.40
22.23	7/8"	1.850	26.30
25.40	1"	2.350	34.10

Construcción
6 x 19 (9/9/1)

Figura 27. tabla de cables [24]

Las poleas se pueden construir en fundición, acero moldeado o en construcción soldada, para el elevador se selecciona un cable 6x19 alma de fibra. de acero de arado mejorado con resistencia a la rotura de 4.82 [ton] como se observa en la figura (27), y una polea con diámetro exterior 200[mm] y diámetro interior 40[mm] como se observa en la figura (26), las dimensiones de las poleas se seleccionan del anexo (13 selección de polea).

3.13. Cálculo de potencia del motor

La potencia del motor se deduce a partir de la carga que se levantará, la eficiencia del motor y la velocidad lineal del movimiento con la que se moverá la carga a partir de la ecuación:

$$P = \frac{Q v}{75 \eta}$$

Ec. 48

Donde:

P: Potencia en [CV]

Q: Carga en [kg]

v: Velocidad lineal [m/s]

η : Eficiencia 0,45 a 0,65

Primero deduciremos la velocidad lineal con la que se moverá la carga, para esto empleamos la ecuación de la velocidad angular de la bobina que recoge el cable dando el movimiento a la carga.

$$V = WR$$

Ec. 49

$$V = 50 \left[\frac{rev}{min} \right] \cdot 0.07 [m] \cdot \frac{1 [min]}{60 [s]} \cdot \frac{2 \pi}{1 rev}$$

$$V = 0,36 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Se empleará una eficiencia de 0,45 para el motor, así en la ecuación 20:

$$P = \frac{1184.9 [kg] \cdot 0,36 [m/s]}{75 \times 0,45}$$

$$P = 12.63 [CV]$$

Se toma entonces un motor de 14 HP.

Una vez calculada la potencia requerida del motor se procede a elegir un moto-reductor

Rossi existente en el mercado de $14 [Hp] \left[\frac{0.7457 [Kw]}{1 [Hp]} \right] = 10.5 [Kw]$ como se muestra en el

anexo(11 Elección de moto-reductor), sus características principales son velocidad de salida igual a 56 [rpm], diámetro de salida igual a 60[mm]y un torque de 221[Nm] Para seleccionar el acople a utilizar, se verifica el torque de salida del motor 221[Nm] y se compara con el torque del acople que se pretende utilizar.

$$T_{acople} > T_{motor}$$

$$240[Nm] > 221[Nm]$$

Se procede a elegir un acople low loy disponible en el mercado como se muestra en el anexo (12 Tabla de selección de acople), con las siguientes propiedades torque 240 [Nm], diámetro interior máximo 70 [mm], los valores son aceptables para el diseño.

3.14. Diseño de Pernos De Sujeción

Para acoplar los elementos a las vigas o los elementos fijos a la estructura base se realiza el cálculo de pernos para lo cual se parte de las longitudes de las placas a unir y un perno que se encuentre en un rango de posible elección, como es el M12. Se calcula la rigidez:

$$l = 0,03 m$$

$$l1 = 3,5 (2 hilos)$$

$$H = 12 \text{ Tabla A31 (Revisar anexo tabla de pernos)}$$

$$L = l + l1 + H$$

Ec. 50

$$L = 45,5mm$$

$$L_{real} = 50 mm \text{ Tabla A17 (Revisar anexo tabla de pernos)}$$

$$L_t = 20mm$$

$$A_d = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,012^2}{4} = 0,000113 [mm^2]$$

$$l_d = L - L_t = 50 - 20 = 30 [mm] = 0,03 [m]$$

$$lt = l - ld = 0,03 - 0,03 = 0[mm]$$

$$At = 84,3 \text{ mm}^2 = 8,43 \times 10^{-4} [m^2] \text{Tabla 8-2}$$

$$E = 270 [GPa]$$

$$Kb = \frac{Ad \cdot At \cdot E}{Ad \cdot lt + At \cdot ld}$$

Ec. 51

$$Kb = \frac{1,13 \times 10^{-4} \times 8,43 \times 10^{-4} \times 2,07 \times 10^{11}}{1,13 \times 10^{-4} \times 0 + 8,43 \times 10^{-4} \times 0,03} = 7,8 \times 10^8$$

Una vez encontrada la rigidez del perno se calcula la rigidez de la junta:

$$E = 2 \times 10^8 Pa$$

$$Km = \frac{0,5774 \times \pi \cdot E \cdot d}{2Ln\left(5 \times \frac{0,5774 \cdot l + 0,5d}{0,5774 \cdot l + 2,5d}\right)}$$

Ec. 52

$$Km = \frac{0,5774 \times \pi \cdot 2 \times 10^8 \times 0,012}{2Ln\left(5 \times \frac{0,5774 \times 0,03 + 0,5 \times 0,012}{0,5774 \times 0,03 + 2,5 \times 0,012}\right)} = 2,498 \times 10^9$$

Una vez calculado la rigidez de la junta obtenemos el factor de unión que indica si el perno es compatible con el sistema:

$$C = \frac{Kb}{Kb + Km} \text{ Ec.24}$$

$$C = \frac{7,8 \times 10^8}{7,8 \times 10^8 + 2,498 \times 10^9}$$

$$C = 0,23$$

C es el factor de carga externa soportada por el perno, en este caso cada perno soportara el 23% de la carga por esta razón no se admiten valores mayores a 0,5 lo que nos indica

que el perno soportara el 50% de la carga. Los pernos seleccionados son M12 que es ideal para la sujeción de las partes.

3.15. Elementos de seguridad

3.15.1 Finales de carrera

Los sensores inductivos son utilizados para detectar materiales ferrosos. Su uso común es en la industria, para aplicaciones de posicionamiento permitiendo detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos uno de ellos es la detección de paso, de atasco, de conteo y de codificación, [25].



Figura 28.sensor inductivo [26].

El sensor inductivo gracias a sus propiedades puede controlar la elevación máxima del canjilón, así como, controlar el descenso mínimo del canjilón, con la finalidad de evitar golpes del canjilón en la parte superior e inferior del equipo.

3.15.2 Parada de emergencia

Según la norma ISO 13850, la parada de emergencia previene situaciones riesgosas o accidentes a los operadores por las máquinas, y también para evitar daños en el equipo o reducir los riesgos ya existentes, se activa con una sola maniobra de una persona controlada desde el panel de control [27].



Figura 29. Parada de emergencia [27]

3.15.3 Embrague de fricción

El embrague de fricción evita la sobrecarga de la máquina. Esto es producto al llegar a un 110% de la capacidad nominal del polipasto. Al activarse el embrague de fricción, impide que siga elevándose la carga, pero aún es posible reducirle. No se debe utilizar el embrague de fricción para evaluar el peso de la carga [28].



Figura 30. Embrague de fricción

3.15.4 Protección para motores eléctricos

Esto permite proteger contra sobrecarga al motor, contra cortocircuito y sobrecarga a la línea de alimentación y también al motor, se debe estar conectado al inicio de la línea de alimentación del motor [29].



Figura 31. Interruptor Macnetotérmico. [30]

3.16. Simulaciones

- Factor Von Mises de la viga principal

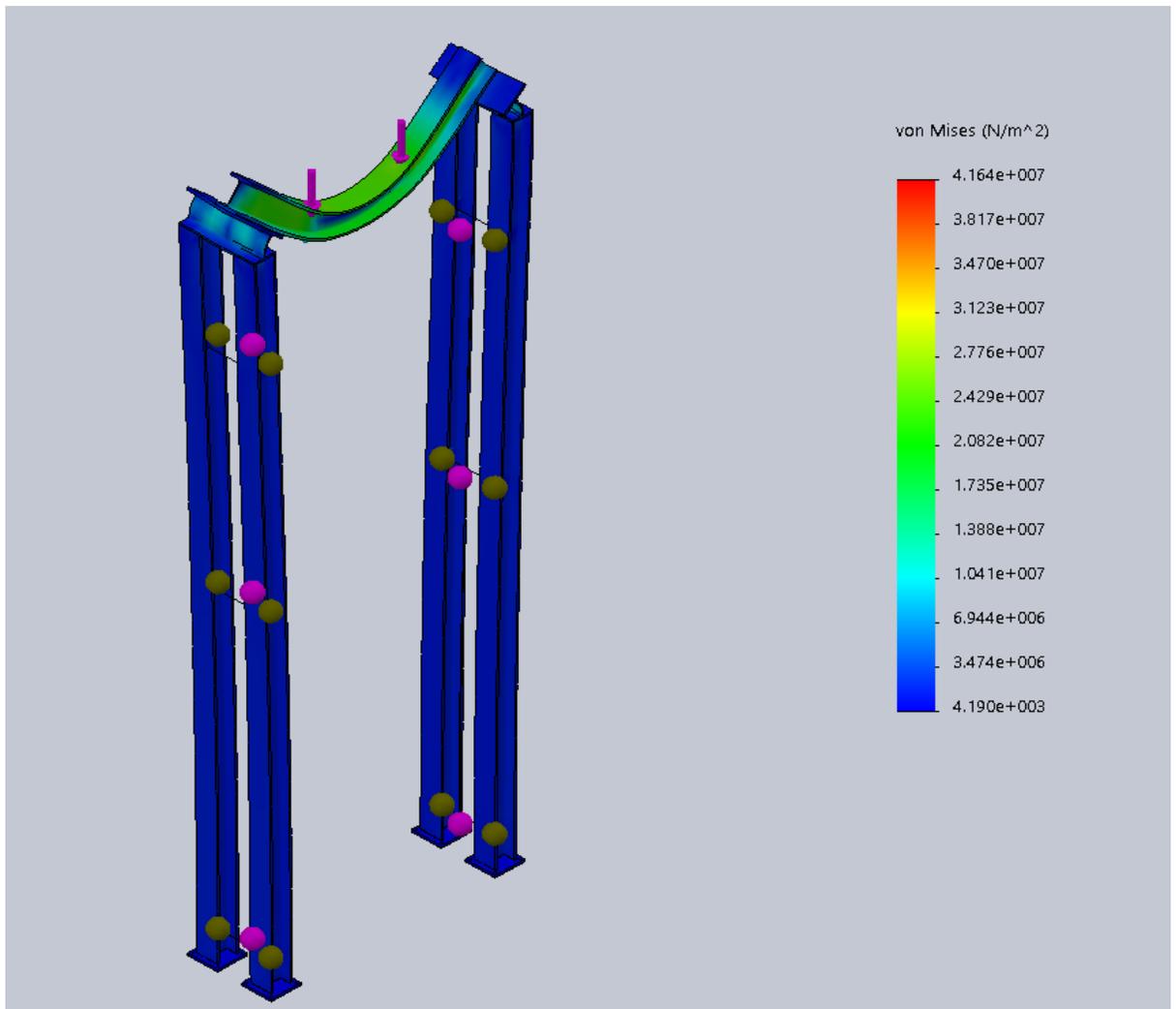


Figura 32. Análisis viga principal. Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

Mediante el Software Solidworks se observa un Factor de Von Mises aceptable para la viga principal

- Factor de seguridad de la viga principal

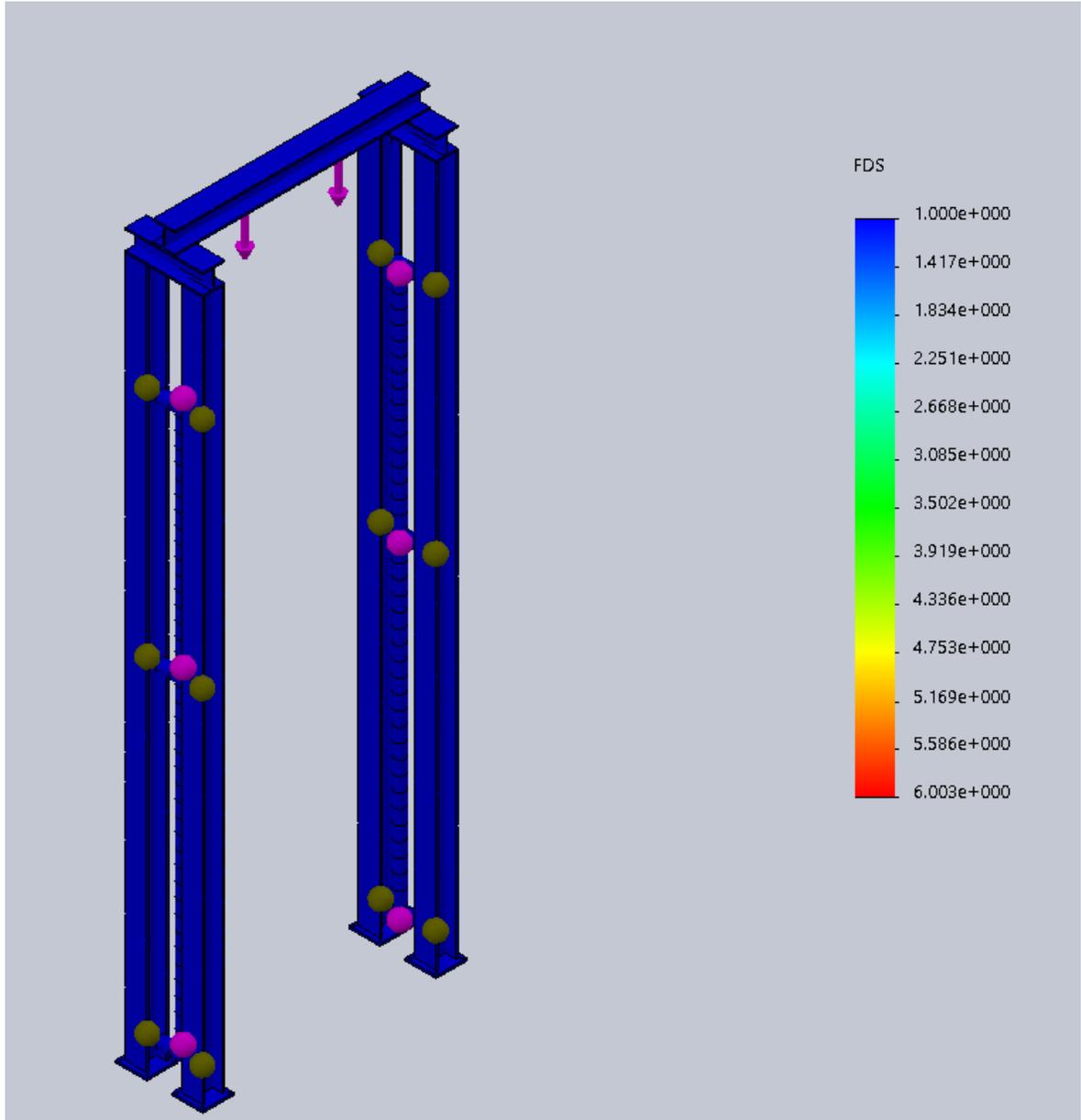


Figura 33. Análisis de factor de seguridad. Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

Mediante el Software Solidworks se observa un Factor de seguridad aceptable para la viga principal

- Factor Von Mises de la Viga Secundaria

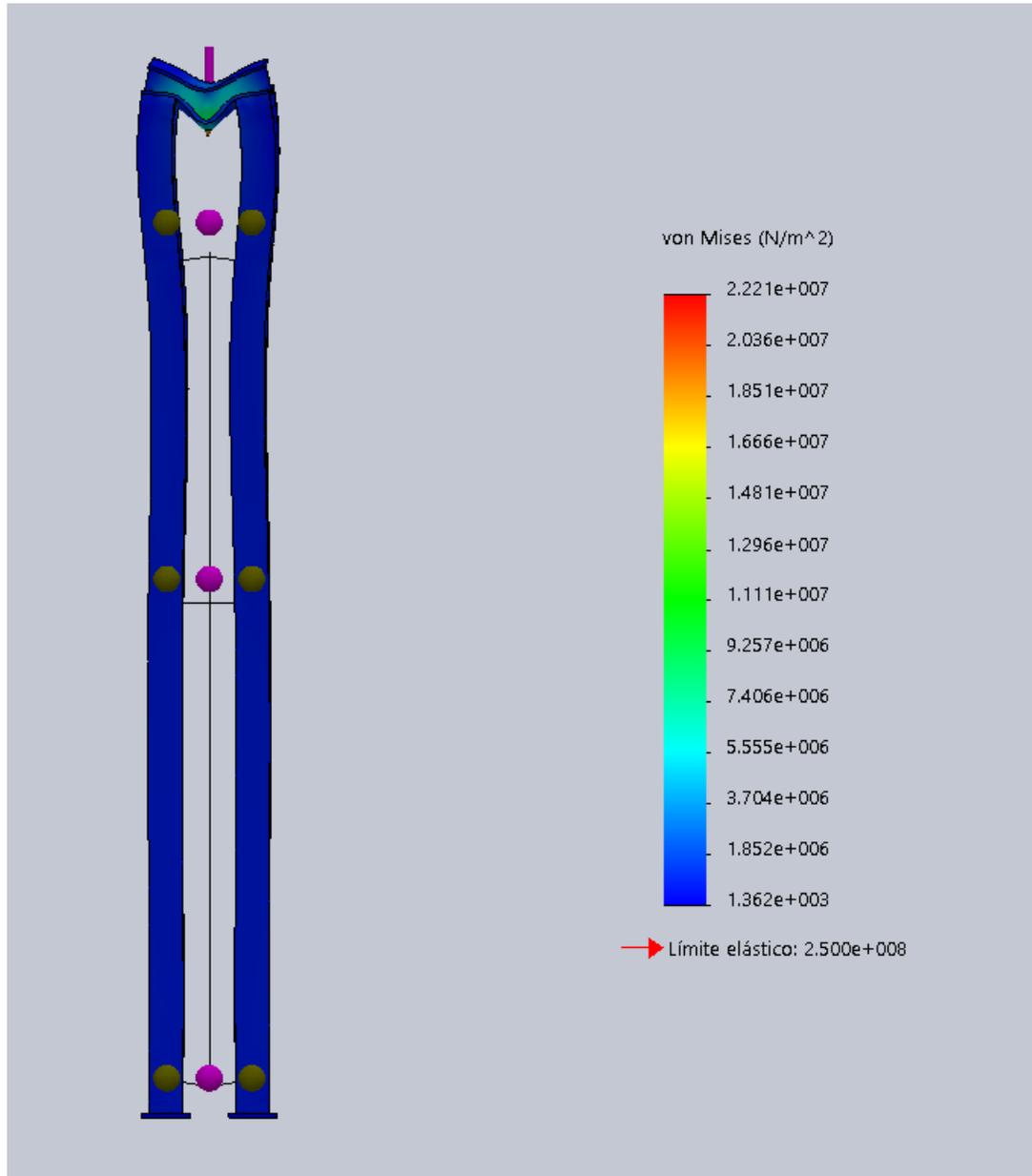


Figura 34. Viga secundaria. Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

Mediante el Software Solidworks se observa un Factor de Von Mises aceptable para la Viga Secundaria

- Factor de Seguridad de la Viga Secundaria

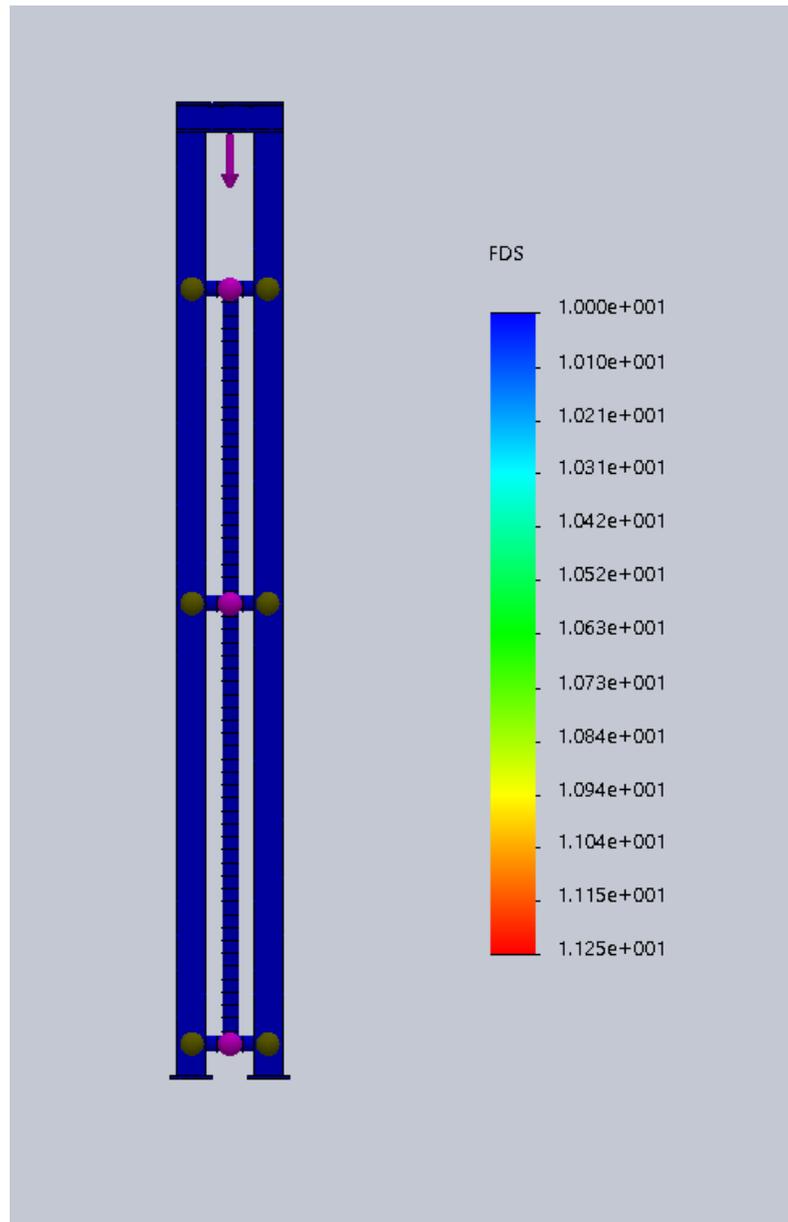


Figura 35. Factor de seguridad viga secundaria. Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

Mediante el Software Solidworks se observa un factor de seguridad aceptable para la Viga Secundaria

- Factor de Seguridad de la Viga móvil

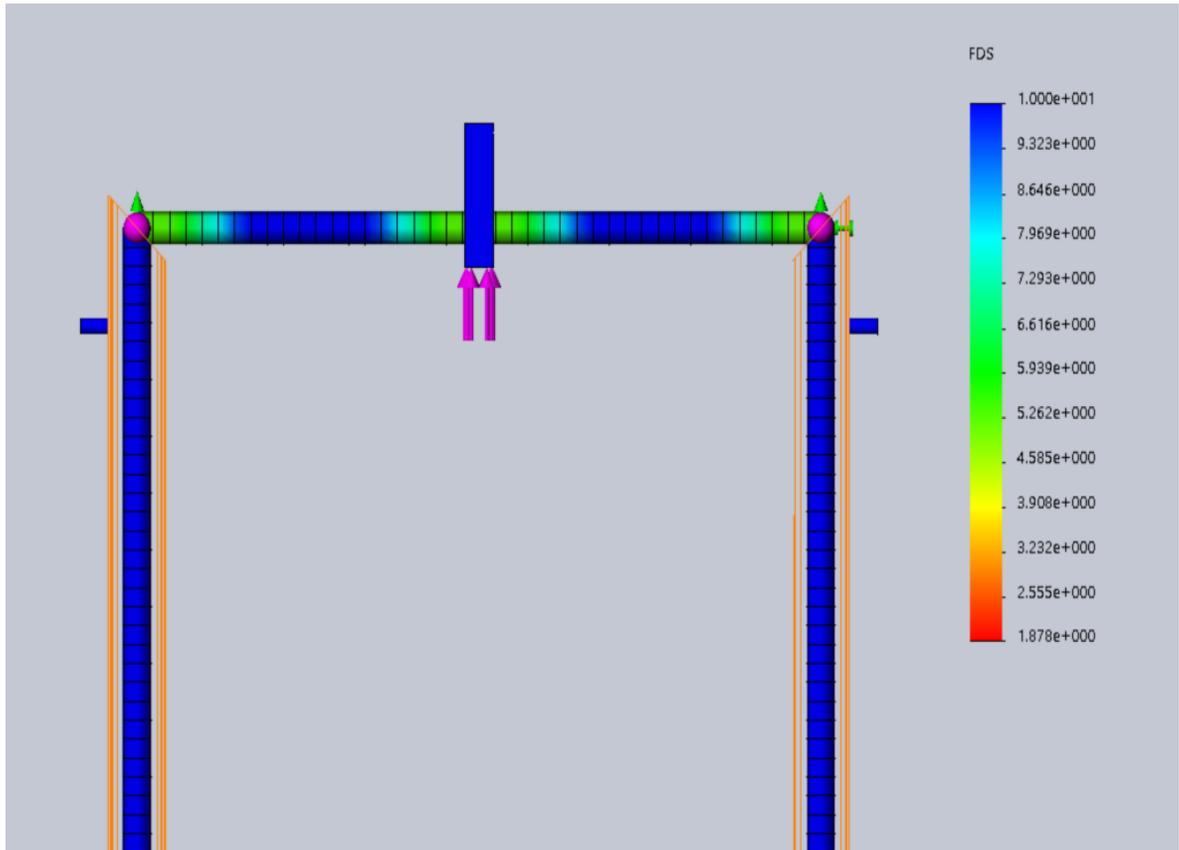
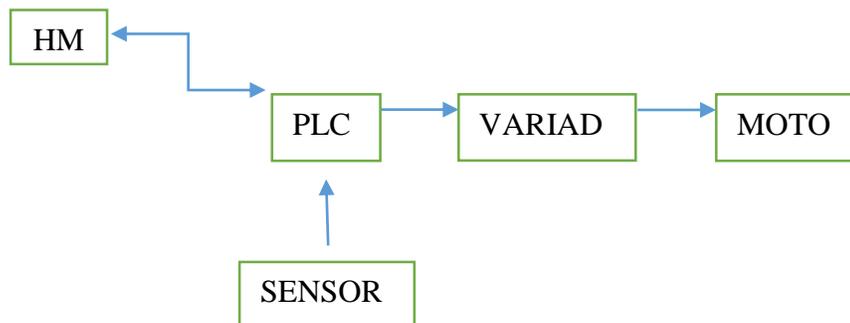


Figura 36. factor de seguridad viga móvil. Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

Mediante el Software Solidworks se observa un factor de seguridad aceptable para la viga móvil

3.17. Esquema eléctrico

Diagrama de Flujo



Sensores Inductivos para PLC

Condiciones:

- 1.- Primera posición: S1= “1”, S2= “0”
- 2.- Segunda Posición: S0= “1”, S2= “0”
- 3.- Tercera Posición: S0= “0”, S2= “1”

Potencia Reactiva Trifásica

Para el cálculo de la potencia reactiva se calcula mediante la laca del motor



Figura 37. Placa del moto-reductor [31]

$$P_{\Delta} = \sqrt{3} \cdot VL \cdot IL \cdot \cos\phi$$

$$10.4 = \sqrt{3} \cdot 370 \cdot IL \cdot 0.8$$

$$IL = 2.11A$$

Para la conexión de elevador se requiere un cable eléctrico AWG se puede conectar los sensores con un cable eléctrico #16 y las líneas de fuerza de conexión al motor son con un cable eléctrico #6 como se observa en el anexo (16 Tabla conductores eléctricos)

$$P_Y = \sqrt{3} \cdot VL \cdot IL \cdot \cos\varphi$$

$$10.4 = \sqrt{3} \cdot 440 \cdot IL \cdot 0,76$$

$$IL = 31.5 \text{ A}$$

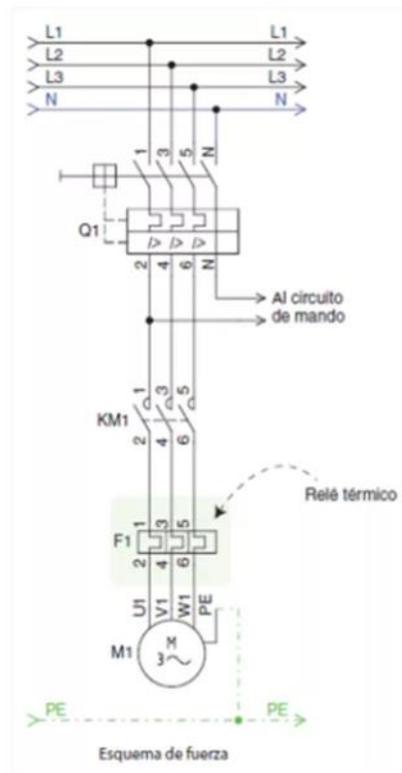


Figura 38.Diagrama de fuerza de conexión del motor [31]

2.4.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Análisis de costos

Este capítulo se determina los costos de materia prima, para la fabricación e instalación de todos los elementos mecánicos que se requieren para un elevador de áridos con capacidad para 0.5m³, se realizará el análisis requerido del tiempo para recuperar la inversión.

Para calcular el costo del proyecto, se analiza los costos directos e indirectos de la fabricación de la máquina. Se calcula los costos directos en base a los materiales que se utilizara para la elaboración del proyecto y los indirectos están relacionados a la fabricación del elevador.

4.1.1. Costos directos

Para la fabricación del elevador se requieren los siguientes materiales que se encuentran en la Tabla 10.

Tabla 10. Detalle de costo de materiales

Descripción	Cantidad	Precio	Costo total
		unitario	
		(USD)	(USD)
columnas HEB 100	4	226.83	907.32
viga IPN 100	1	56	56
Planchas de tol t =3mm	2	70	140
Eje 1045	0.5m	40	40
Placa 150cm*150cm*1cm	1	70.74	70.74
UPN 80	2	20.73	41.47
Tubo cuadrado 80*80*3	1	22	22

Total **1277.06**

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

Los elementos normalizados que se pueden encontrar en el mercado, se los puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 11. Costo de elementos mecánicos

Descripción	Cantidad	Precio unitario (USD)	Costo total (USD)
Tuercas 1/2 in	12	0.25	3
Pernos anclaje polea 1/2 * 1 1/4 in	12	1	12
pernos anclaje columna 1/2* 4 in	16	1.5	24
Polipasto	1	1000	1000
Poleas 200 mm	3	100	300
Total			1339

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

Para la construcción, torneado y montaje se tiene los siguientes rubros.

Tabla 12. Costos de fabricación y montaje

Descripción	Cantidad	Precio unitario (USD)	Costo total (USD)
soldador	1	120	300
Tornero- Fresador	1	200	200
Personal de montaje	2	100	200
Técnico eléctrico	1	100	100
Total			800

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

4.1.2. Costos directos totales

Los costos directos totales, se presentan a continuación.

Tabla 13. costos directos totales

Descripción	Cantidad	Costo total en (USD)
-------------	----------	----------------------

Costos de materiales	1	1277.06
Costo elementos mecánicos	1	1339
Costo de mano de obra	1	800
Total		3416.06

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

4.1.3. Costos indirectos

Los costos indirectos, radican en los materiales que se usan para la fabricación y acabado del equipo.

Tabla 13. Costos de materiales indirectos

Descripción	Cantidad	Precio unitario (USD)	Costo total (USD)
Discos de corte 16 in	2	6	12
Disco de corte 4 in	3	2.5	7.5
Galón de anticorrosivo	1	17	17
Funda de electrodos	1	25	25
Galón de pintura	1	18	18
Cable eléctrico	1	40	40
Sensores inductivos	2	10	20
Guarda motor	1	100	100
Total			239.5

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

4.1.4. Costo total

El costo total de fabricación, consiste en la suma de los costos directos e indirectos calculados en la tabla 14.

Tabla 14. Costo total del equipo

Descripción	Costo total (USD)
Costos directos	3416.06
Costos indirectos	239.5
Total	3656.56

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

4.2. Tiempo de recuperación de la inversión

El diseño de la maquina es robusto, sin embargo, requiere mantenimiento ocasional, se debe limpiar las guías después de cada turno de trabajo, el uso de la maquina es continuo. Con la fabricación de este equipo, se puede reducir el tiempo empleado de los operarios para el llenado de la mezcladora. Al abastecer de material a una velocidad constante al mezclador, se generan ingresos extras en producción. El mayor consumo de materia prima por turno de trabajo, hace que se requiera comprar mayores cantidades de áridos en las minas del sector.

Tabla 15. Costos generados mensualmente

Descripción	Costo total
Sueldos de operarios ocasionales	800
Sueldo de operario	-400
Ingresos extras en producción	1500
Materia prima	-880
Total	1020

Elaborado por: Nelson Alarcón y Omar Quel

Usando la fórmula de Playback Period [Pp] se tiene:

$$Pp = inversion / ingreso$$

$$Pp = \frac{3655.65}{1020} = 3.58$$

$$Pp = 3.58[meses]$$

Esto indica que en 3.58 meses se estima la recuperar la inversión inicial, se observa que es una alternativa viable la fabricación de la máquina.

CONCLUSIONES

Se diseñó y simuló el elevador de canjilón, por medio del sistema de polipasto con capacidad de 0.5 [m³] para la empresa Hormibloque Ecuador, unos de los factores de seguridad más crítico para el diseño, se lo encuentra en la viga principal, que forma parte de la estructura móvil, con un valor de 13.98 calculado mediante el estudio de esfuerzos máximos.

Se ha evaluado las cargas en los diferentes elementos del proyecto, siendo la mayor carga del sistema de 11845 [Kg] actuando en la viga central de la estructura fija. En el caso de ejes se ha elaborado los diámetros inicialmente concebidos debido al bajo factor de seguridad, que presentaban los mismos, actuando sobre estos una carga de 593 [kg], para la estructura se ha seleccionado por el método LRDF un perfil HEB 140 que se utilizara para las columnas, la viga principal y la viga secundaria.

El diseño cumple con los estándares físicos y de carga que requiere la empresa Hormibloque Ecuador, además cumple con los estándares de diseño establecidos para mecanismos. Según los diferentes análisis, los elementos diseñados no superan el límite de ruptura, de torsión o el de fluencia del material aplicado.

La carga máxima a elevar es 1185 [kg], por esta razón, se decide escoger un cable con capacidad de 4.8 [ton], este sobredimensionamiento asegura que el cable no va a exceder su límite de fluencia, de esta manera se puede evitar accidentes por falla del cable.

La viabilidad del proyecto es aceptable ya que el Playback Period es de 3.58 meses, esto en temporada de baja producción, para tener una proyección conservadora en la producción.

RECOMENDACIONES

Se recomienda ensayar varios tipos de materiales estructurales, que se encuentran en los complementos del software, esto permite escoger el material que mejor se ajuste a nuestras necesidades, además se lo puede utilizar como base para futuros proyectos.

Es recomendable cotejar de manera analítica los parámetros establecidos por el diseñador frente a los resultados obtenidos en el software.

Se recomienda a futuro la automatización de este sistema elevador de canjilón por medio de un sistema automatizado por medio de plc, el cual podrá controlar todo el sistema automáticamente.

Crear un plan de mantenimiento preventivo para los elementos del polipasto, así como para las guías y los rodamientos de las poleas.

En caso de implementar el sistema de elevación de canjilón por medio del sistema polipasto, se recomienda utilizar pernos de ancla al momento de fundir la plancha de hormigón, esto asegurara de mejor manera las placas base de las columnas.

Para el montaje de la estructura se recomienda tomar todas las medidas de seguridad para el personal, ya que, se trabajará a una altura de 4.5 m y es necesario colocar una línea de vida y el sistema de andamios respectivo.

El personal que opere el elevador, debe estar familiarizada con su funcionamiento, es recomendable realizar un curso de operación de la máquina, en el cual, todos los trabajadores aprendan a manipular el equipo y sepan en donde se encuentran los botones de parada en caso de una emergencia.

Para seguridad de las personas que visitan Hormibloque Ecuador, se debe utilizar una señalética de máquinas en movimiento para prevención de accidentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Lanz y A. Betancour, "Ensayo sobre la composición de las máquinas", Madrid: Colegio ingenieros de caminos, canales y puertos de marcacion de Madrid .Madrid ,1990., 1808.
- [2] J. Varona, " Matemáticas y sus aplicaciones agricolas ", Barcelona: Salvat, 1952.
- [3] A. Miravete y E. Larrodé, " Transportadores y elevadores ", Barcelona: Revete, 1996.
- [4] A. M. :. E. Larrodé, Elevadores : principios e innovaciones, Barcelona: Reverte, 2007.
- [5] Meprosa , «Meprosa,» Meprosa , 27 octubre 2019. [En línea]. Available: <https://meprosa.mx/el-elevador-de-cangilones-y-su-utilidad-en-la-industria/>. [Último acceso: 19 Diciembre 2019].
- [6] J. Bellmunt, *Aparejos, cabrias y garruchas*, Barcelona : Ministerio del tranajo y asuntos sociales España , 2004.
- [7] A. Gonzales, Manipulación de cargas con puente grúa y polipasto, Andalucía: IC editorial, 2012.
- [8] China Electric Wire Rope Hoist Manufacturers, «China Electric Wire Rope Hoist Manufacturers,» China Electric Wire Rope Hoist Manufacturers, 25 mayo 2018. [En línea]. Available: China Electric Wire Rope Hoist Manufacturers. [Último acceso: 28 Diciembre 2019].
- [9] V. Yepes, Máquinas, cables y grúas empleados en la construcción, Valencia: Editorial de la Universitat Politècnica de València, 2017.

- [1 R. Norton, Diseño de máquinas, Mexico: Pearson, 2011.
0]
- [1 Energia Controlada de Mexico S.A, «Energia controlada,» 20 enero 2016. [En línea].
1] Available: <https://www.energiaccontrolada.com/faq/Como-funciona-un-Reductor>.
[Último acceso: 27 Diciembre 2019].
- [1 R. Budinas y K. Nisbett, Diseño en ingeriería mecánica de shigley, Mexico: McGraw-
2] Hill, 2008.
- [1 J. Barrientos, C. Ortiz y E. Huaman, «SlideShare,» 2015. [En línea]. Available:
3] <https://es.slideshare.net/cjortizrojas/trabajo-de-resistencia-materiales>. [Último
acceso: 9 Enero 2020].
- [1 ICOTEC, *Cia. General de aceros S:A*, Cali: IOTEC, 2007.
4]
- [1 M. Bustillo, A. Duran y L. Fueyo, Manual de aridos, Oviedo: Fueyo Editores, 2014.
5]
- [1 Dina ingeniería, «Cómo escoger correctamente el soporte con rodamiento de
6] rodillos,» Dina ingenieria, 3 enero 2020. [En línea]. Available:
[https://www.revistadyna.com/noticias-de-ingenieria/como-escoger-correctamente-
soporte-con-rodamiento-de-rodillos](https://www.revistadyna.com/noticias-de-ingenieria/como-escoger-correctamente-soporte-con-rodamiento-de-rodillos). [Último acceso: 12 enero 2020].
- [1 csbeaver, «Cómo seleccionar el cable de acero correcto,» csbeaver, 17 Agosto 2017.
7] [En línea]. Available: [https://csbeaver.com/blog/seleccionar-cable-de-acero-
correcto/](https://csbeaver.com/blog/seleccionar-cable-de-acero-correcto/). [Último acceso: 13 enero 2020].
- [1 Pewag, «pewag,» pewag, 14 septiembre 2014. [En línea]. Available:
8] <https://issuu.com/pewag/docs/ka1300181/16>. [Último acceso: 19 Diciembre 2019].

- [1 A. Cipriani, «" Elevador de material con evacuación automática indicado especialmente para argamasa de hormigón y alimentación de recipientes en general "». España Patente 328810, 16 Abril 1967.
- [2 ALACERO, de *Especificación ANSI/AISC para construcciones de acero*,» *American Institute of Steel Construction*, 2010, pp. 1-625.
- [2 J. McCORMAC y S. CSERNAK, *Diseño de estructuras de acero*, Mexico: Alfaomega, 2012.
- [2 F. Wald, Z. Sokol y J.-P. Jaspart, «Base plate in bending and,» Czech Technical University, Faculty of Civil Engineering, Prague, Czech Republic , Prague, 2003.
- [2 H. ERNST, «Aparatos de elevación y transporte,» de *Aparatos de elevación y transporte*, Barcelona, Ed. Blume, 1970.
- [2 globalliftsac, «comercialización de equipos de izaje,» globalliftsac, [En línea].
- 4] Available: <http://www.globalliftsac.com/cables.html>. [Último acceso: 20 Febrero 2020].
- [2 A. Fernandez, «dgsa.uaeh.edu,» 2005. [En línea]. Available:
- 5] [http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/169/Sensor es%20magneticos.pdf?sequence=1](http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/169/Sensor%20magneticos.pdf?sequence=1). [Último acceso: 15 Febrero 2020].
- [2 www.rsmationstore.com, «www.rsmationstore.com,» [En línea]. Available:
- 6] http://www.rsmationstore.com/Sensor-Inductivo-IS102-M18-NO-24-240DcAc-Sn5mm-Cable-2-mt-_p_934.html. [Último acceso: 16 Febrero 2020].
- [2 E. -. M. t. safety., «EUCHNER – More than safety.,» EUCHNER, [En línea].
- 7] Available: <https://www.euchner.de/es-es/productos/dispositivos-de-parada-de-emergencia/dispositivo-de-parada-de-emergencia-es/>. [Último acceso: 16 Febrero 2020].

- [2 Stagemaker-Verlinder, «Manual_Usuario-Stagemaker-Verlinder-EES.pdf,»
8] Stagemaker-Verlinder, Julio 2014. [En línea]. Available: https://ees.es/wp-content/uploads/2017/11/Manual_Usuario-Stagemaker-Verlinder-EES.pdf. [Último acceso: 18 Febrero 2020].
- [2 F. Mecafenix, «GUARDAMOTOR [PROTECCIÓN PARA MOTORES
9] ELÉCTRICOS],» Ingeniería Mecafenix, 29 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/guardamotor/>. [Último acceso: 19 Febrero 2020].
- [3 Almacenes Vidrí El Salvador, «Almacenes Vidrí El Salvador,» Almacenes Vidrí El
0] Salvador, [En línea]. Available: <https://www.vidri.com.sv/producto/47510/Guardamotor-de-35-a-50-amperios.html>. [Último acceso: 2020 Febrero 18].
- [3 «allsparesparts,» allsparesparts, [En línea]. Available:
1] <https://www.allsparesparts.co.uk/product/104-kw-leroy-somer-dc-motor-type-lsk112v105>. [Último acceso: 3 marzo 2020].
- [3 A. Cipriani, «ELEVADOR DE MATERIAL CON EVACUACION AUTOMATICA
2] DEL RECIPIENTE INDICADO ESPECIALMENTE PARA ARGAMASA DE HORMIGON Y ALIMENTACION DE RECIPIENTES EN GENERAL.». ESPAÑA Patente 328810, 16 ABRIL 1967.
- [3 N. Alarcon y O. Quel, Artists, *Elevador de canjilon sistema polipasto*. [Art].
3] Universidad Politecnica Salesiana, 2019.
- [3 B. karlekar y R. Desmond, Transferencia de calor, Mexico: McGraw-Hill, 1995.
4]

[3 F. Gavilanes y J. Morocho, *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR*
5] *VERTICAL MANUAL TIPO APILADOR PARA UNA CARGA MAXIMA DE 300 Kg.*,
Quito: ups, 2014.

[3 Dipac, «Dipac manta,» [En línea]. Available:
6] <http://www.dipacmanta.com/vigas/heb/vigas-heb>. [Último acceso: 10 Enerp 2020].

[3 D. 4130, «share,» DIN , [En línea]. Available:
7] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/2963/54319-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 15 Febrero 2020].

ANEXOS

1. Propiedades de áridos

APENDICE D-2. Valores de propiedades para no metales (Sistema de unidades SI)*

Material	t, C	$\rho, \text{kg/m}^3$	$c_p, \text{J/kg K}$	$k, \text{W/m K}$	$\alpha, \text{m}^2/\text{s}$
Aerogel, silica	120	136.2		0.022	
Asbestos	-200	469.3		0.074	
	0	469.3		0.156	
	0	576.7	0.816	0.151	
	100	576.7	0.816	0.192	
	200	576.7		0.208	
	400	576.7		0.223	
	-200	696.8		0.156	
	0	696.8		0.234	
Ladrillo, seco	20	1,762-1,810	0.84	0.38-0.52	0.028-0.034
Baquelita	20	1,273.5	1.59	0.232	0.0114
Cartón, corrugado				0.064	
Arcilla	20	1,457.7	0.88	1.279	0.101
Concreto	20	1,906-2,307	0.88	0.81-1.40	0.049-0.070
Carbón, antracita	20	1,201-1,506	1.26	0.26	0.013-0.015
	Pulverizado	30	737	1.30	0.116
Algodón	20	80	1.30	0.059	0.194
Concreto	20	1,906-2,307	0.878	0.81-1.40	0.048-0.069
Corcho, tabla	30	160		0.043	
Raspadura, expandida	20	44.9-118.5	1.88	0.036	0.015-0.044
	Triturado	30	150.6		0.043
Tierra fina	38	320.4		0.062	
	871	320.4		0.142	
Tierra, arena ordinaria	20	2,050	1.84	0.52	0.0139
Filtro lana	30	330.0		0.05	
Fibra, tabla aislante	21	237.1		0.048	
	Roja	20	1,289.5		0.47
Placa de vidrio	20	2,707	0.8	0.76	0.034
Vidrio, borosilicato	30	2,227		1.09	
Lana	20	200.2	0.67	0.040	0.028
Granito				1.7-4.0	
Hielo	0	913	1.93	2.22	0.124
Mármol	20	2,499-2,707	0.808	2.8	0.139
Caucho, duro	0	1,198.2		0.151	
Piedra arenisca	20	2,162-2,307	0.71	1.63-2.1	0.106-0.126
Seda	20	57.7	1.38	0.036	0.044
Madera, radial de roble	20	609-801	2.39	0.17-0.21	0.0111-0.0121
	Radial de pino (20% de humedad)	20	416.5-421.3	2.72	0.14

2. Propiedades del acero A36

TABLA 1.1 Especificaciones aplicables de la ASTM a diversos perfiles estructurales.

Tipo de acero	Designación de la ASTM	Esfuerzo mínimo de fluencia F_y (klb/plg ²)	Esfuerzo ^a de tensión F_u (klb/plg ²)	Serie de perfiles aplicables											
				W	M	S	HP	C	MC	L	HSS		Tubo		
											Rect.	Redondo			
Al carbono	A36	36	58-80 ^b												
	A53 Gr. B	35	60												
	A500	Gr. B	42	58											
			46	58											
		Gr. C	46	62											
			50	62											
	A501	Gr. A	36	58											
		Gr. B	50	70											
	A529 ^c	Gr. 50	50	65-100											
		Gr. 55	55	70-100											
Baja aleación alta resistencia	A572	Gr. 42	42	60											
		Gr. 50	50	65 ^d											
		Gr. 55	55	55											
		Gr. 60 ^e	60	60											
		Gr. 65 ^e	65	65											
	A618 ^f	Gr. I & II	50 ^g	70 ^h											
		Gr. III	50	50											
	A913	50	50 ^h	60 ^h											
		60	60	75											
		65	65	80											
A992	70	70	90												
	50	50	65 ⁱ												
Baja aleación alta resistencia resistente a la corrosión	A242	42 ^j	63 ^j												
		46 ^k	67 ^k												
		50 ^l	70 ^l												
	A588	50	70												
	A847	50	70												

■ = Especificación recomendada para el material
 □ = Otra especificación de material aplicable, cuya disponibilidad deberá confirmarse antes de la especificación
 ◻ = La especificación de material no aplica

^a Mínimo a menos que se muestre un rango.
^b Para perfiles arriba de 426 lb/pie, sólo aplica el mínimo de 58 klb/plg².
^c Para perfiles con un espesor de patín menor que o igual a 1/2 plg solamente. Para mejorar la soldabilidad, puede especificarse un máximo de carbono (de acuerdo con el Requisito suplementario S78 de la ASTM). Si se desea, puede especificarse el esfuerzo máximo de tensión de 90 klb/plg² (de acuerdo con el Requisito suplementario S79 de la ASTM).
^d Si se desea, puede especificarse el esfuerzo máximo de tensión de 70 klb/plg² (de acuerdo con el Requisito suplementario S91 de la ASTM).
^e Para perfiles con un espesor de patín menor que o igual a 2 plg solamente.
^f A618 de la ASTM también puede especificarse como resistente a la corrosión; véase A618 de la ASTM.
^g El mínimo aplica a muros de un espesor nominal de 3/4 plg y menor. Para espesores de muro mayores que 3/4 plg, $F_y = 46$ klb/plg² y $F_u = 67$ klb/plg².
^h Si se desea, puede especificarse un esfuerzo máximo de fluencia de 65 klb/plg² y una relación de resistencia máxima a la fluencia entre la de tensión de 0.85 (de acuerdo con el Requisito suplementario S75 de la ASTM).
ⁱ Se incluyen como obligatorias en A992 de la ASTM una relación de resistencia máxima a la fluencia entre la de tensión de 0.85 y una fórmula equivalente para el carbono.
^j Para perfiles con un espesor de patín mayor que 2 plg solamente.
^k Para perfiles con un espesor de patín mayor que 1/2 plg y menor que o igual a 2 plg solamente.
^l Para perfiles con un espesor de patín menor que o igual a 1/2 plg solamente.

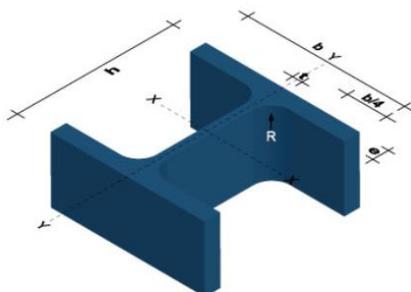
Fuente: Manual de la AISC, Tabla 2-4, p. 2-48, 14ava. Ed., 2011. Derechos reservados © American Institute of Steel

3. Propiedades de duralón

PLÁSTICOS
DISTINTAS PROPIEDADES

PROPIEDAD	UNIDAD	NORMA	POLIETILENO	POLIPROPILENO	GRILON	CELCON
DENSIDAD	g/cm ³	ASTM D762	0.96	0.901	1.14	1.42
RESISTENCIA A LA TRACCION	kg/cm ²	D638	250	360	630	710
ELONGACION	%	D638	50 - 800	200 - 700	60 - 300	25 - 75
MODULO DE ELASTICIDAD	kg. cm ²	D638	3.5 A 13x10 ³	1.3 X 10 ⁴	1.88 X 10 ⁴	3.88 X 10 ⁴
DUREZA	- - -	D785	D 70/80	R85-110	R 119	R 120
RESISTENCIA AL IMPACTO	ft. lb/in	D256	0.5-20	0.5-20	0.8-5.5	1.4-2.5
RESISTENCIA DIELECTRICA	Kvolt/mm	- - -	22	24	23	23
ABSORCION DE HUMEDAD 23°C A 60%	%	- - -	0.2	0.02	2.5	0.9
TEMPERATURA DE TRABAJO	°C	- - -	80*	120*	90*	95*

4. Propiedades de vigas y columna



Nomenclatura

h= Patín
b= Ala
t= Espesor Alma
e= Espesor Ala
R= Radio Giro Alma

PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO FLUENCIA	
Kg/mm ²	Mpa	Kg/mm ²	Mpa
37 - 52	370 - 520	24	235

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES					PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	ÁREA SECCIÓN cm ²	PESOS kg/mts	INERCIA (cm ⁴)		RESISTENCIA (cm ³)	
	mm	mm	mm	mm	mm			Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
HEB 100	100	100	6.00	10.00	12	26.00	20.40	450	167	89	33.50
HEB 140	140	140	7.00	12.00	12	43.00	33.70	1510	550	216	78.50
HEB 160	160	160	8.00	13.00	15	54.30	42.60	2490	889	311	111.00
HEB 200	200	200	9.00	15.00	18	78.10	61.30	5700	2000	570	200.00
HEB 240	240	240	10.00	17.00	21	106.00	83.20	11260	3920	938	327.00
HEB 300	300	300	11.00	19.00	27	149.00	117.00	25170	8560	1680	571.00

5. Longitud efectiva K

5.6 Restricciones en los extremos y longitud efectiva de una columna 14:

Tabla 5.1		Valores aproximados del factor de longitud efectiva, K .					
Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0	
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son aproximadas	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0	
Símbolos para las condiciones de extremo							
		<i>Rotación y traslación impedidas</i>	<i>Rotación libre y traslación impedida</i>	<i>Rotación impedida y traslación libre</i>	<i>Rotación y traslación libres</i>		

Fuente: Comentario de la Especificación, Apéndice 7 – Tabla C-A-7.1, p. 16.1-511, junio 22, 2010. Derechos reservados © American Institute of Steel Construction. Reproducido con autorización. Todos los derechos reservados.

6. Propiedades de $\phi_c F_{cr}$

TABLE 3-36
Design Stress for Compression Members of
36 ksi Specified Yield Stress Steel, $\phi_c = 0.85^{[a]}$

$\frac{Kl}{r}$	$\phi_c F_{cr}$ ksi								
1	30.60	41	28.01	81	21.66	121	14.16	161	8.23
2	30.59	42	27.89	82	21.48	122	13.98	162	8.13
3	30.59	43	27.76	83	21.29	123	13.80	163	8.03
4	30.57	44	27.64	84	21.11	124	13.62	164	7.93
5	30.56	45	27.51	85	20.92	125	13.44	165	7.84
6	30.54	46	27.37	86	20.73	126	13.27	166	7.74
7	30.52	47	27.24	87	20.54	127	13.09	167	7.65
8	30.50	48	27.11	88	20.36	128	12.92	168	7.56
9	30.47	49	26.97	89	20.17	129	12.74	169	7.47
10	30.44	50	26.83	90	19.98	130	12.57	170	7.38
11	30.41	51	26.68	91	19.79	131	12.40	171	7.30
12	30.37	52	26.54	92	19.60	132	12.23	172	7.21
13	30.33	53	26.39	93	19.41	133	12.06	173	7.13
14	30.29	54	26.25	94	19.22	134	11.88	174	7.05
15	30.24	55	26.10	95	19.03	135	11.71	175	6.97
16	30.19	56	25.94	96	18.84	136	11.54	176	6.89
17	30.14	57	25.79	97	18.65	137	11.37	177	6.81
18	30.08	58	25.63	98	18.46	138	11.20	178	6.73
19	30.02	59	25.48	99	18.27	139	11.04	179	6.66
20	29.96	60	25.32	100	18.08	140	10.89	180	6.59
21	29.90	61	25.16	101	17.89	141	10.73	181	6.51
22	29.83	62	24.99	102	17.70	142	10.58	182	6.44
23	29.76	63	24.83	103	17.51	143	10.43	183	6.37
24	26.69	64	24.67	104	17.32	144	10.29	184	6.30
25	29.61	65	24.50	105	17.13	145	10.15	185	6.23
26	29.53	66	24.33	106	16.94	146	10.01	186	6.17
27	29.45	67	24.16	107	16.75	147	9.87	187	6.10
28	29.36	68	23.99	108	16.56	148	9.74	188	6.04
29	29.28	69	23.82	109	16.37	149	9.61	189	5.97
30	29.18	70	23.64	110	16.19	150	9.48	190	5.91
31	29.09	71	23.47	111	16.00	151	9.36	191	5.85
32	28.99	72	23.29	112	15.81	152	9.23	192	5.79
33	28.90	73	23.12	113	15.63	153	9.11	193	5.73
34	28.79	74	22.94	114	15.44	154	9.00	194	5.67
35	28.69	75	22.76	115	15.26	155	8.88	195	5.61
36	28.58	76	22.58	116	15.07	156	8.77	196	5.55
37	28.47	77	22.40	117	14.89	157	8.66	197	5.50
38	28.36	78	22.22	118	14.70	158	8.55	198	5.44
39	28.25	79	22.03	119	14.52	159	8.44	199	5.39
40	28.13	80	21.85	120	14.34	160	8.33	200	5.33

[a] When element width-to-thickness ratio exceeds λ_r , see Appendix B5.3.

7. Propiedades de vida IPN 80



8. Soldadura de viga móvil

Tabla 16. Factores de concentración de esfuerzos K_{fs} [12]

Tipo de soldadura	K_{fs}
A tope reforzada	1.2
De filete transversal, en punta	1.5
De filetes paralelos en el extremo	2.7
A tope en T, con esquinas agudas	2.0

Tablas de pernos

9. Propiedades de los pernos

Tabla A-31

Dimensiones de tuercas hexagonales

Tamaño nominal, pulg	Altura H			
	Ancho W	Hexagonal regular	Gruesa o ranurada	Contra-tuerca
$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{9}{32}$	$\frac{5}{32}$
$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{17}{64}$	$\frac{21}{64}$	$\frac{3}{16}$
$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{21}{64}$	$\frac{13}{32}$	$\frac{7}{32}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{29}{64}$	$\frac{1}{4}$
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{5}{16}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{31}{64}$	$\frac{39}{64}$	$\frac{5}{16}$
$\frac{5}{8}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{35}{64}$	$\frac{23}{32}$	$\frac{3}{8}$
$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{41}{64}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{27}{64}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{5}{16}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{29}{32}$	$\frac{31}{64}$
1	$1\frac{1}{2}$	$\frac{55}{64}$	1	$\frac{35}{64}$
$1\frac{1}{8}$	$1\frac{11}{16}$	$\frac{31}{32}$	$1\frac{5}{32}$	$\frac{39}{64}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{16}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{23}{32}$
$1\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{16}$	$1\frac{11}{64}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{25}{32}$
$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	$1\frac{9}{32}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{27}{32}$

Tamaño nominal, mm				
M5	8	4.7	5.1	2.7
M6	10	5.2	5.7	3.2
M8	13	6.8	7.5	4.0
M10	16	8.4	9.3	5.0
M12	18	10.8	12.0	6.0
M14	21	12.8	14.1	7.0
M16	24	14.8	16.4	8.0
M20	30	18.0	20.3	10.0
M24	36	21.5	23.9	12.0
M30	46	25.6	28.6	15.0
M36	55	31.0	34.7	18.0

Tabla 8-1

Diámetros y áreas de roscas métricas de paso grueso y fino*

Diámetro mayor nominal d , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
56	5.5	2 030	1 910	2	2 300	2 250
64	6	2 680	2 520	2	3 030	2 980
72	6	3 460	3 280	2	3 860	3 800
80	6	4 340	4 140	1.5	4 850	4 800
90	6	5 590	5 360	2	6 100	6 020
100	6	6 990	6 740	2	7 560	7 470
110				2	9 180	9 080

Tabla A-17

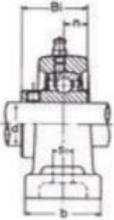
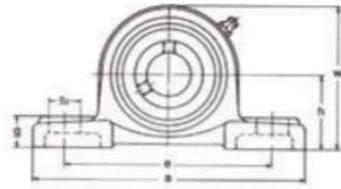
Tamaños preferidos y números de Renard (serie R) (Cuando pueda elegir, use uno de estos tamaños; sin embargo, no todas las partes o artículos están disponibles en todos los tamaños que se muestran en la tabla)

Fracción de pulgadas
$\frac{1}{24}, \frac{1}{20}, \frac{1}{16}, \frac{3}{32}, \frac{1}{8}, \frac{5}{32}, \frac{3}{16}, \frac{1}{4}, \frac{5}{16}, \frac{3}{8}, \frac{7}{16}, \frac{1}{2}, \frac{9}{16}, \frac{11}{16}, \frac{3}{4}, \frac{7}{8}, 1, 1\frac{1}{4}, 1\frac{1}{2}, 1\frac{3}{4}, 2, 2\frac{1}{2}, 2\frac{3}{4}, 3, 3\frac{1}{4}, 3\frac{1}{2}, 3\frac{3}{4}, 4, 4\frac{1}{4}, 4\frac{1}{2}, 4\frac{3}{4}, 5, 5\frac{1}{4}, 5\frac{1}{2}, 5\frac{3}{4}, 6, 6\frac{1}{4}, 6\frac{1}{2}, 6\frac{3}{4}, 7, 7\frac{1}{4}, 8, 8\frac{1}{4}, 9, 9\frac{1}{4}, 10, 10\frac{1}{4}, 11, 11\frac{1}{4}, 12, 12\frac{1}{4}, 13, 13\frac{1}{4}, 14, 14\frac{1}{4}, 15, 15\frac{1}{4}, 16, 16\frac{1}{4}, 17, 17\frac{1}{4}, 18, 18\frac{1}{4}, 19, 19\frac{1}{4}, 20$
Décimas de pulgadas
0.010, 0.012, 0.016, 0.020, 0.025, 0.032, 0.040, 0.05, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.16, 0.20, 0.24, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.80, 1.00, 1.20, 1.40, 1.60, 1.80, 2.0, 2.4, 2.6, 2.8, 3.0, 3.2, 3.4, 3.6, 3.8, 4.0, 4.2, 4.4, 4.6, 4.8, 5.0, 5.2, 5.4, 5.6, 5.8, 6.0, 7.0, 7.5, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0, 10.5, 11.0, 11.5, 12.0, 12.5, 13.0, 13.5, 14.0, 14.5, 15.0, 15.5, 16.0, 16.5, 17.0, 17.5, 18.0, 18.5, 19.0, 19.5, 20
Milímetros
0.05, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.16, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 1.0, 1.1, 1.2, 1.4, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.5, 2.8, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 8.0, 9.0, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 250, 300
Números de Renard*
1a. elección, R5: 1, 1.6, 2.5, 4, 6.3, 10
2a. elección, R10: 1.25, 2, 3.15, 5, 8
3a. elección, R20: 1.12, 1.4, 1.8, 2.24, 2.8, 3.55, 4.5, 5.6, 7.1, 9
4a. elección, R40: 1.06, 1.18, 1.32, 1.5, 1.7, 1.9, 2.12, 2.36, 2.65, 3, 3.35, 3.75, 4.25, 4.75, 5.3, 6, 6.7, 7.5, 8.5, 9.5

*Se pueden multiplicar por, o dividir entre, potencias de 10.

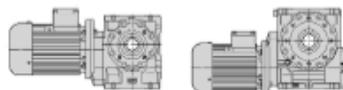
10.chumacera

► Chumacera de piso

Datos Técnicos																	
																	
CÓDIGO IBCA	Diám. del eje		Dimensiones (mm)										Perno	Tipo de rodami.	Soporte	Masa kg	
	mm	pulg	h	a	e	b	s1	s2	g	w	Bi	n					
UCP 204 204-12	20 19.05		33.3	127	95	38	13	19	15	63	31	12.7	M10 (W3/8)	UCP 204 204-12	P 204	P 204	
UCP 205 205-14 205-16	25 22.225 25.4	7/8 1	36.5	140	105	38	13	19	16	70	34	14.3	M10 (W3/8)	UCP 205 205-14 205-16	P 205	P 205	
UCP 206 206-18	30 28.575	1 1/8	42.9	165	121	48	17	21	17	83	38.1	15.9	M14 (W1/2)	UCP 206 206-18	P 206	P 206	
UCP 207 207-20 207-22	35 31.75 34.925	1 1/4 1 3/8	47.6	167	127	48	17	21	19	92	42.9	17.5	M14 (W1/2)	UCP 207 207-20 207-22	P 207	P 207	
UCP 208 208-24	40 38.1	1 1/2	49.2	184	137	54	17	21	19	98	49.2	19	M14 (W1/2)	UCP 208 208-24	P 208	P 208	
UCP 209 209-28	45 44.45	1 3/4	54	190	146	54	17	21	20	106	49.2	19	M14 (W1/2)	UCP 209 209-28	P 209	P 209	
UCP 210	50		57.2	206	159	60	20	22	22	112	51.6	19.0	M16 (W5/8)	UCP 210	P 210	P 210	
UCP 211 211-32	55 50.8	2	63.5	219	171	60	20	22	22	125	55.6	22.2	M16 (W5/8)	UCP 211 211-32	P 211	P 211	
UCP 212 212-36	60 57.15	2 1/4	69.8	241	184	70	20	25	25	137	65.1	25.4	M16 (W5/8)	UCP 212 212-36	P 212	P 212	
213-40	63.5	2 1/2	76.2	265	203	70	25	30	27	150	65.1	25.4	M20 (W3/4)	213-40	P 213	P 213	
215-48	76.2	3	82.6	275	217	74	25	31	28	163	77.8	33.3	M20 (W3/4)	215-48	P 215	P 215	

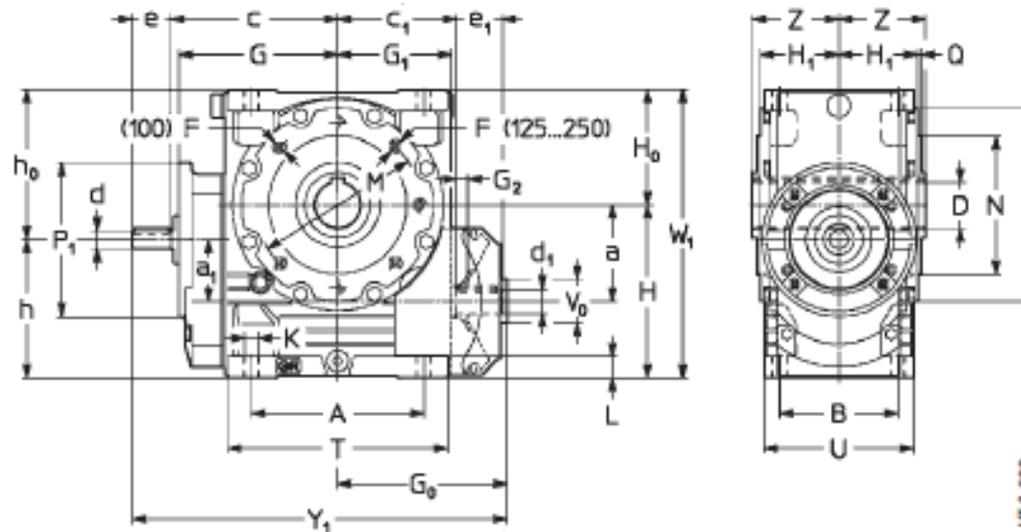
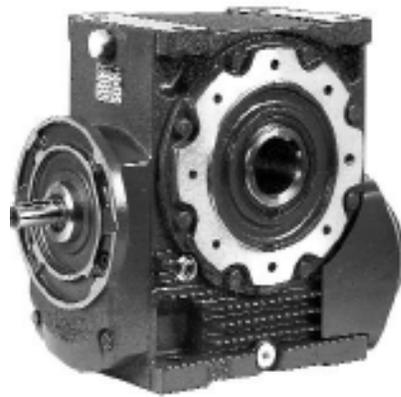
11. Tabla selección de moto-reductor Nord

9 - Programma di fabbricazione (motoriduttori)
 9 - Manufacturing programme (gearmotors)



P_1 kW	n_2 min ⁻¹	P_2 kW	M_2 daNm	f_s	Riduttore - Motore Gear reducer - Motor	i	
1)					2)		
15	22,2	12,2	523	1,4	MR V250-160 L	4	
	22,5	12,4	525	1,8	MR V250-180 L	6	
	28	12,7	434	0,75	MR IV161-160 L	4	
	28	12,2	410	0,67	MR V161-160 L	4	
	28,1	12,2	415	0,71	MR V160-180 L	6	
	28,1	12,2	415	0,8	MR V161-180 L	6	
	28	12,9	440	1,32	MR IV200-160 L	4	
	28	12,2	417	1,06	MR V200-160 L	4	
	28,1	12,5	423	1,32	MR V200-180 L	6	
	27,4	13,1	456	2,5	MR IV250-160 L	4	
	28	12,4	425	1,9	MR V250-160 L	4	
	10,8	35	12,9	352	0,8	MR IV160-160 L	4
	10,8	35	12,9	352	1	MR IV161-160 L	4
	11,4	35	12,3	335	0,71	MR V160-160 L	4
	11,4	35	12,3	335	0,85	MR V161-160 L	4
	35	13,1	356	1,6	MR IV200-160 L	4	
	35	12,5	340	1,32	MR V200-160 L	4	
	36	13	345	1,5	MR V200-180 L	6	
	34,2	13,4	373	2,8	MR IV250-160 L	4	
	35	12,6	344	2,36	MR V250-160 L	4	
	11,8	43,8	13,1	285	1	MR IV160-160 L	4
	11,8	43,8	13,1	285	1,18	MR IV161-160 L	4
	12,5	43,8	12,5	274	0,9	MR V160-160 L	4
	12,5	43,8	12,5	274	1,06	MR V161-160 L	4
	43,8	43,8	13,3	291	1,9	MR IV200-160 L	4
	43,8	43,8	12,7	277	1,7	MR V200-160 L	4
	45	43,8	13,2	279	1,9	MR V200-180 L	6
	43,8	43,8	13,1	287	2,5	MR V250-160 L	4
	10,4	56	12,9	221	0,67	MR V126-160 L	4
	36	13,1	223	1	MR V160-160 L	4	
	56,3	13,2	224	1,18	MR V161-160 L	4	
	56,3	13,2	224	1,4	MR V161-180 L	6	
	56	13,2	225	1,9	MR V200-160 L	4	
	56,3	13,4	228	2,12	MR V200-180 L	6	
	70	13,1	179	0,67	MR V125-160 L	4	
	70	13,1	179	0,8	MR V126-160 L	4	
	70	13,2	180	1,25	MR V160-160 L	4	
	70	13,2	180	1,5	MR V161-160 L	4	
	69,2	13,4	185	1,4	MR V160-180 L	6	
	69,2	13,4	185	1,7	MR V161-180 L	6	
70	13,3	182	2,36	MR V200-160 L	4		
12,2	87,5	13,3	145	0,8	MR V125-160 L	4	
12,2	87,5	13,3	145	0,95	MR V126-160 L	4	
87,5	13,4	146	1,5	MR V160-160 L	4		
87,5	13,4	146	1,8	MR V161-160 L	4		
87,5	13,6	148	2,8	MR V200-160 L	4		
108	13,5	120	0,95	MR V125-160 L	4		
108	13,5	120	1,12	MR V126-160 L	4		
108	13,6	120	1,8	MR V160-160 L	4		
108	13,6	120	2,12	MR V161-160 L	4		
140	13,6	93	1,12	MR V125-160 L	4		
140	13,6	93	1,32	MR V126-160 L	4		
140	13,7	93	2	MR V160-160 L	4		
140	13,7	93	2,36	MR V161-160 L	4		
18,5	11	8,8	1556	0,8	MR IV250-200 LR	6	
13,6	11	14,5	1266	0,9	MR IV250-180 M	4	
14,3	13,7	14,9	1036	1,06	MR IV250-180 M	4	
10,9	14,3	14,6	974	0,9	MR V250-200 LR	6	
11,7	17,5	14,8	806	0,71	MR IV200-180 M	4	
17,1	18	14,7	778	0,71	MR V200-200 LR	6	
17,1	18	15,6	871	1,12	MR IV250-180 M	4	
18	18	15,8	839	1,4	MR IV250-200 LR	6	
18	18	15	795	1,25	MR V250-200 LR	6	
12,2	21,9	15,1	661	0,9	MR IV200-180 M	4	
12,8	22,5	15	636	0,85	MR V200-200 LR	6	
21,9	16	696	1,6	MR IV250-180 M	4		
22,5	16	678	1,8	MR IV250-200 LR	6		
22,2	15	645	1,12	MR V250-180 M	4		

P_1 kW	n_2 min ⁻¹	P_2 kW	M_2 daNm	f_s	Riduttore - Motore Gear reducer - Motor	i	
1)					2)		
18,5	22,5	15,2	647	1,5	MR V250-200 LR	6	
	28	15,9	543	1,06	MR IV200-180 M	4	
	28	15,1	515	0,85	MR V200-180 M	4	
	28,1	15,4	522	1,06	MR V200-200 LR	6	
	27,4	16,1	562	2	MR IV250-180 M	4	
	28	15,4	524	1,5	MR V250-180 M	4	
	10,8	35	15,9	434	0,67	MR IV160-180 M	4
	10,8	35	15,9	434	0,8	MR IV161-180 M	4
	11,4	35	15,2	413	0,71	MR V161-180 M	4
	35	16,1	439	1,32	MR IV200-180 M	4	
	35	15,4	419	1,06	MR V200-180 M	4	
	36	16	425	1,25	MR V200-200 LR	6	
	34,2	16,5	460	2,36	MR IV250-180 M	4	
	35	15,5	424	1,9	MR V250-180 M	4	
	11,8	43,8	16,1	352	0,8	MR IV160-180 M	4
	11,8	43,8	16,1	352	0,95	MR IV161-180 M	4
	12,5	43,8	15,5	337	0,71	MR V160-180 M	4
	12,5	43,8	15,5	337	0,85	MR V161-180 M	4
	43,8	43,8	16,5	359	1,5	MR IV200-180 M	4
	43,8	43,8	15,7	342	1,32	MR V200-180 M	4
	45	43,8	16,2	345	1,6	MR V200-200 LR	6
	43,8	43,8	16,2	354	2	MR V250-180 M	4
	56	16,1	275	0,85	MR V160-180 M	4	
	56	16,1	275	1	MR V161-180 M	4	
	56	16,3	278	1,5	MR V200-180 M	4	
	56,3	16,5	281	1,8	MR V200-200 LR	6	
	56	16,4	280	2,8	MR V250-180 M	4	
	70	16,3	223	1	MR V160-180 M	4	
	70	16,3	223	1,18	MR V161-180 M	4	
	70	16,5	224	1,9	MR V200-180 M	4	
	87,5	16,5	180	1,18	MR V160-180 M	4	
	87,5	16,5	180	1,4	MR V161-180 M	4	
	87,5	16,7	183	2,24	MR V200-180 M	4	
	108	16,8	149	1,4	MR V160-180 M	4	
	108	16,8	149	1,7	MR V161-180 M	4	
	108	16,8	149	2,65	MR V200-180 M	4	
	140	16,9	115	1,6	MR V160-180 M	4	
	140	16,9	115	1,9	MR V161-180 M	4	
	22	11	8,8	1851	0,67	MR IV250-200 LR	6
	13,6	11	17,3	1506	0,75	MR IV250-180 L	4
14,9	13,7	17,7	1232	0,9	MR IV250-180 L	4	
16,8	14,3	17,3	1158	0,75	MR V250-200 L	6	
17,1	18,6	1036	0,95	MR IV250-180 L	4		
18,5	18	18,8	998	1,18	MR IV250-200 L	6	
18	18	17,8	946	1,06	MR V250-200 L	6	
12,2	21,9	18	786	0,8	MR IV200-180 L	4	
12,8	22,5	17,8	756	0,71	MR V200-200 L	6	
21,9	19	828	1,32	MR IV250-180 L	4		
22,5	19	806	1,5	MR IV250-200 L	6		
22,2	17,8	767	0,95	MR V250-180 L	4		
22,5	18,1	770	1,25	MR V250-200 L	6		
15,7	28	18,9	645	0,9	MR IV200-180 L	4	
16,2	28	17,9	612	0,71	MR V200-180 L	4	
14,5	28,1	18,3	621	0,9	MR V200-200 L	6	
27,4	19,2	668	1,7	MR IV250-180 L	4		
28	18,3	623	1,25	MR V250-180 L	4		
28,1	19	644	1,32	MR V250-200 L	6		
17	35	19,2	523	1,12	MR IV200-180 L	4	
17,7	35	18,3	499	0,9	MR V200-180 L	4	
18,3	36	19,1	506	1,06	MR V200-200 L	6	
34,2	19,6	547	1,9	MR IV250-180 L	4		
35	18,5	504	1,6	MR V250-180 L	4		
36	19,3	513	1,8	MR V250-200 L	6		
12,5	43,8	18,4	401	0,71	MR V161-180 L	4	
43,8	43,8	19,6	427	1,25	MR IV200-180 L	4	
43,8	43,8	18,6	406	1,12	MR V200-180 L	4	
45	43,8	19,3	410	1,32	MR V200-200 L	6	
43,8	43,8	19,3	421	1,7	MR V250-180 L	4	



R IV 100 ... 250

Esecuzione Design

normale
standard

UO2A¹⁾

Grandezza Size	a	a ₁	A	B	c	c ₁	D ∅ H7	d ∅	e	d ₁ ∅	e ₁	F	G	G ₀	G ₁	G ₂	H h11	H ₀ h11	H ₁ h12	h h11	h ₀ h11	K ∅	L	L ₁	M ∅	N ∅ h6	P ∅	P ₁ ∅	Q	T	U	V ₀ ∅ max	W ₁	Y ₁	Z	Massa Mass kg
32	32	32	61	52	81	51	19	11	20	11	20	M5 ²⁾	76	—	—	—	71	48	34,5	71	48	7	10	8,5	75	55 ³⁾	90	140 ⁴⁾	3	91	66	—	124	149	39	5
40	40	40	70	62	96	57,5	24	11	23	14	25	M6 ²⁾	87	—	—	—	82	56	41,5	82	56	9,5	12	10	85	68 ³⁾	105	140 ⁴⁾	3	106	80	—	138	175	46	7
50	50	40	86	75	107	70,5	28	11	23	16	30	M6 ²⁾	98	—	—	—	100	67	49	90	77	9,5	13	12	100	85 ³⁾	120	140 ⁴⁾	3	126	95	—	167	197	53	11
63, 64	63	50	102	90	127	83	32	14	30	19	30	M8	118	—	—	—	125	80	58,5	112	93	11,5	16	14	100	80	120	160 ⁴⁾	3	151	114	—	205	237	63	17
80 81	80	50	132	106	147	103	38 40	14	30	24	36	M10	138	—	—	—	150	100	69,5	120	130	14	20	17	130	110	160	160 ⁴⁾	3,5	189	135	—	250	277	75	27
100	100	63	180	131	181	130	48	19*	40*	28	42	M12	170	180	122	11	180	125	84,5	143	162	16	23	—	165	130	200	200	3,5	236	165	45	305	401	90	48
125, 126	125	80	225	155	216	155	60	24*	50*	32	58	M12 ²⁾	205	221	148	15	225	150	99,5	180	195	18	28	—	215	180	250	200	4	287	194	50	375	487	106	82
160 161	160	100	272	183	258	187	70 75	28*	60*	38	58	M14 ²⁾	247	255	178	15	280	180	118,5	220	240	22	33	—	265	230	300	250	4	345	232	60	460	573	125	146
200	200	100	342	214	303	235	90	28*	60*	48	82	M16 ²⁾	292	324	222	20	335	225	137,5	235	325	27	40	—	300	250	350	250	5	431	270	80	560	687	150	249
250	250	125	425	250	373	287	110	32	80	55	82	M20 ²⁻³⁾	360	379	277	20	410	280	163	285	405	33	50	—	400	350	450	300	5	537	320	80	690	832	180	408

1) Esecuzione predisposta per vite scorrevole (vedi cap. 2)

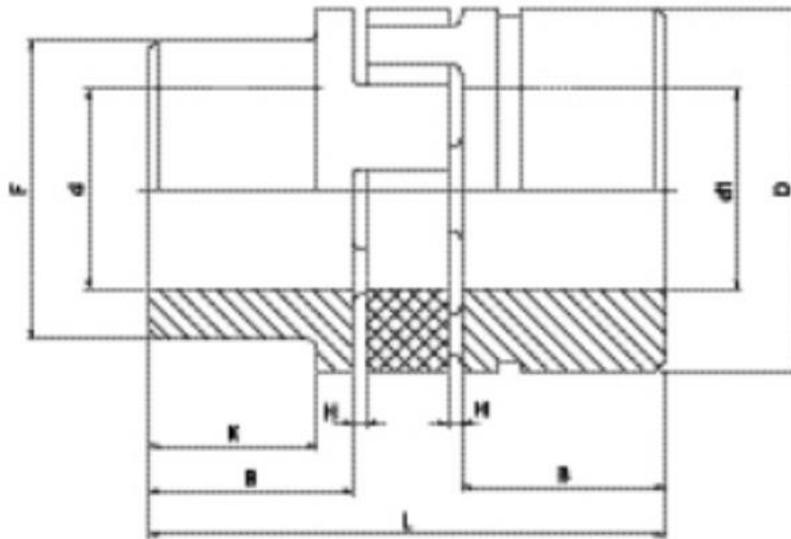
1) Prearranged design for worm shaft extension (see ch. 2)

12. Tabla selección de acople low loy



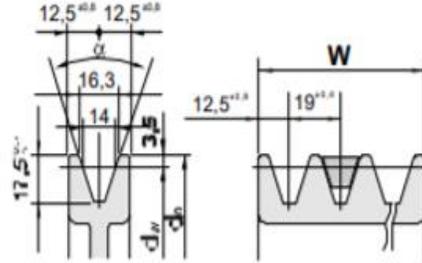
- > Cubos totalmente mecanizados en acero.
- > Terminación de los cubos con pavonado.
- > Zona de contacto de la estrella totalmente mecanizada.
- > Fail-Safe aun sin la estrella, en condiciones de emergencia, pueden transmitir el movimiento.
- > Estrellas ROT de Acrilo-Nitrilo y FL de Poliuretano.

MODELO	CAPACIDAD				DIMENSIONES (mm)									Tipo
	n _{max} RPM	N _{nom} /rpm HP/RPM	Mt Nm	Peso kg	d1 max	d max	D	B	F	H	K	L		
FL 19/24	14000	0.0015	10	0.33	24	-	40	25	-	2	-	66	1a/1a	
FL 24/28	10600	0.0036	25	0.66	28	-	55	30	-	2	-	78	1a/1a	
FL28/38	8500	0.0065	46	1.2	38	-	65	35	-	2.5	-	90	1a/1a	
FL 38/45	7100	0.013	93	2.3	45	38	80	45	66	3	37	114	1/1a	
FL 42/55	6000	0.020	140	3.6	55	42	95	50	75	3	40	126	1/1a	
FL 48/60	5600	0.027	190	4.8	60	48	105	56	85	3.5	45	140	1/1a	
FL 55/70	4750	0.034	240	7.4	70	55	120	65	98	4	52	160	1/1a	
FL 65/75	4250	0.045	320	11	75	65	135	75	115	4.5	61	185	1/1a	
FL 75/90	3550	0.077	540	18	90	75	160	85	135	5	69	210	1/1a	
FL 90/100	2800	0.170	1200	30	100	90	200	100	160	5.5	81	245	1/1a	
FL 38	7100	0.013	93	2	-	38	80	45	66	3	37	114	1/1	



TIPO 1/1a

13. Tabla selección de polea

<h2 style="text-align: center;">Polea Trapecial para Taper-Lock</h2> <p style="text-align: center;">NORMAS: DIN2211-ISO4183</p> <div style="text-align: right;">  </div>																																				
<h1 style="margin: 0;">“PBT” SPB / B / 5V</h1>																																				
FIGURASYDIMENSIONES																																				
Material: FundiciónDIN1691GG20-GG25 Tratamiento: Fosfatadasennegro Equilibradoestático: UNI4218-VDI2060G6,3 (a1500rpm≤400mm,a35m/s>400mm)																																				
			<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>dw ≤ 190</th> <th>dw > 190</th> </tr> <tr> <td>34°</td> <td>38°</td> </tr> </table>		dw ≤ 190	dw > 190	34°	38°	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>Nºcanales</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> </tr> <tr> <th>W</th> <td>25</td> <td>44</td> <td>63</td> <td>82</td> <td>101</td> <td>120</td> <td>139</td> <td>158</td> <td>177</td> <td>196</td> <td>215</td> <td>234</td> </tr> </table>		Nºcanales	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	W	25	44	63	82	101	120	139	158	177	196	215	234
dw ≤ 190	dw > 190																																			
34°	38°																																			
Nºcanales	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																								
W	25	44	63	82	101	120	139	158	177	196	215	234																								
Diametro primitivo	Nº canales	TaperLock d (mm) min/max	Figura	M (mm)	L (mm)	Z (mm)	U (mm)	Diametro primitivo	Nº canales	TaperLock d (mm) min/max	Figura	M (mm)	L (mm)	Z (mm)	U (mm)																					
90	1	1210 15-50	1	-	25	-	-	160	1	1610 12-42	1	-	25	-	-																					
	2	1210 15-50	10	-	25	19	47		2	2012 15-50	2	-	31	13	120																					
	3	1210 15-50	10	-	25	28	47		3	2517 18-65	2	-	46	17	120																					
100	1	1610 12-42	2	-	25	-	-	170	4	2517 18-65	11	-	46	18	120																					
									5	2517 18-65	11	-	46	27.5	120																					
									6	3020 25-75	11	-	51	34.5	120																					
									8	3020 25-75	11	-	51	53.5	120																					
									2	2012 15-50	2	-	25	-	-																					
3	1610 12-42	10	-	25	19	50	3	2517 18-65	2	-	46	17	130																							
112	1	1610 12-42	2	-	25	-	-	180	4	2517 18-65	11	-	46	18	130																					
									5	3020 25-75	11	-	51	25	130																					
									6	3020 25-75	11	-	51	34.5	130																					
									8	3020 25-75	11	-	51	53.5	130																					
									2	1610 12-42	10	-	25	19	69																					
3	1610 12-42	10	-	25	28	69	3	2517 18-65	5	120	46	17	140																							
118	1	1610 12-42	2	-	25	-	-	190	4	2517 25-65	6	120	46	18	140																					
									5	3020 25-75	11	-	51	25	140																					
									6	3020 25-75	11	-	51	34.5	140																					
									8	3020 25-75	11	-	51	53.5	140																					
									2	1610 12-42	10	-	25	19	76																					
3	1610 12-42	10	-	25	28	76	4	2517 25-65	6	120	46	18	150																							
125	1	1610 12-42	2	-	25	-	-	200	5	3020 25-75	11	-	51	25	150																					
									6	3020 25-75	11	-	51	34.5	150																					
									8	3020 25-75	11	-	51	53.5	150																					
									2	2012 15-50	2	-	32	12	86																					
3	2012 15-50	2	-	32	31	86	3	2517 18-65	5	120	46	17	160																							
4	2012 15-50	11	-	32	50/25	86	4	3020 25-75	6	146	51	15.5	160																							
								5	3020 25-75	6	146	51	25	160																						
								6	3020 25-75	6	146	51	34.5	160																						
								8	3535 45-90	11	-	91	33.5	160																						

14. pernos de anclaje

Diámetro nominal del anclaje	Empotramiento efectivo . mm (pulg.)	Tensión - ϕN_n				Corte - ϕV_n			
		$f'_c = 2500$ psi lb (kN)	$f'_c = 3000$ psi lb (kN)	$f'_c = 4000$ psi lb (kN)	$f'_c = 6000$ psi lb (kN)	$f'_c = 2500$ psi lb (kN)	$f'_c = 3000$ psi lb (kN)	$f'_c = 4000$ psi lb (kN)	$f'_c = 6000$ psi lb (kN)
M10	100 (3.9)	5,845 (26.0)	6,405 (28.5)	7,395 (32.9)	9,055 (40.3)	13,125 (58.4)	14,375 (63.9)	16,600 (73.8)	20,330 (90.4)
M12	125 (4.9)	7,305 (32.5)	8,005 (35.6)	9,240 (41.1)	11,320 (50.4)	18,340 (81.6)	20,090 (89.4)	23,200 (103.2)	28,415 (126.4)
M16	190 (7.5)	14,615 (65.0)	16,005 (71.2)	18,485 (82.2)	22,640 (100.7)	34,370 (152.9)	37,650 (167.5)	43,475 (193.4)	53,245 (236.8)
M20	250 (9.8)	21,920 (97.5)	24,010 (106.8)	27,725 (123.3)	33,955 (151.0)	51,875 (230.8)	56,830 (252.8)	65,620 (291.9)	80,365 (357.5)

15. Hormigones

Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
210
180
350
420
630
840

16.Tabla de conductores eléctrico

Número AWG	Diámetro de mm	Sección en mm ²	Número de espiras x cm	Kg. por kilómetro	Resistencia en Ω por Km	Corriente en Amperios
0000	11,86	107,2	-	-	0,168	319
000	10,40	85,3	-	-	0,197	240
00	9,226	67,43	-	-	0,232	190
0	8,252	53,48	-	-	0,317	150
1	7,348	42,41	-	375	0,40	120
2	6,544	33,63	-	295	0,40	96
3	5,827	26,67	-	237	0,63	78
4	5,189	21,15	-	188	0,80	60
5	4,621	16,67	-	149	1,01	48
6	4,115	13,30	-	118	1,27	38
7	3,665	10,55	-	94	1,70	30
8	3,264	8,36	-	74	2,03	24
9	2,906	6,63	-	58,9	2,56	19
10	2,588	5,26	-	46,8	3,23	15
11	2,305	4,17	-	32,1	4,07	12
12	2,053	3,31	-	29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63	-	23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6
21	0,7230	0,41	12,8	3,64	41,46	1,2
22	0,6438	0,33	14,4	2,89	51,5	0,92
23	0,5733	0,26	16,0	2,29	66,4	0,73
24	0,5106	0,20	18,0	1,82	85,0	0,58
25	0,4547	0,16	20,0	1,44	106,2	0,46
26	0,4049	0,13	22,8	1,14	130,7	0,37
27	0,3606	0,10	25,6	0,91	170,0	0,29
28	0,3211	0,08	28,4	0,72	212,5	0,23
29	0,2859	0,064	32,4	0,57	265,6	0,18
30	0,2546	0,051	35,6	0,45	333,3	0,15
31	0,2268	0,040	39,8	0,36	425,0	0,11
32	0,2019	0,032	44,5	0,28	531,2	0,09
33	0,1798	0,0254	50,0	0,23	669,3	0,072
34	0,1601	0,0201	56,0	0,18	845,8	0,057
35	0,1426	0,0159	62,3	0,14	1069,0	0,045
36	0,1270	0,0127	69,0	0,10	1338,0	0,036
37	0,1131	0,0100	78,0	0,089	1700,0	0,028
38	0,1007	0,0079	82,3	0,070	2152,0	0,022
39	0,0897	0,0063	97,5	0,056	2696,0	0,017
40	0,0799	0,0050	111,0	0,044	3400,0	0,014
41	0,0711	0,0040	126,8	0,035	4250,0	0,011
42	0,0633	0,0032	138,9	0,028	5312,0	0,009
43	0,0564	0,0025	15,4	0,022	6800,0	0,007
364 x 569	0,0503	0,0020	169,7	0,018	8500,0	0,005