



Universidad del Valle

**DISEÑO UN SISTEMA AUTOMATICO DE TRANSPORTE DE CARBÓN DE
1 TN/HORA MEDIANTE UN TRANSPORTADOR DE PALETAS**

FELIPE MONTOYA SALAS
Código: 0325167

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
SANTIAGO DE CALI**

2019

**DISEÑO UN SISTEMA AUTOMATICO DE TRANSPORTE DE CARBÓN DE
1 TN/HORA MEDIANTE UN TRANSPORTADOR DE PALETAS**

FELIPE MONTOYA SALAS
Código: 0325167

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

JOSE ISIDRO GARCIA MELO, Ph.D

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

SANTIAGO DE CALI

2019

Nota de aceptación

Aprobado por el comité de trabajos de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Valle, para optar por el título de Ingeniero Mecánico.

JOSÉ ISIDRO GARCÍA MELO, PhD
Director del Proyecto

Firma jurado

Firma jurado

DEDICATORIA

Este logro alcanzado lo dedico a mi madre quien ha sido mi ángel desde muy pequeño.

A mis abuelos por su gran apoyo y afecto.

A mis Tíos por sus consejos.

A mis Hermanos y sobrinos por llenarme de felicidad.

Y a mi Esposa por darme el regalo más grande, mi hijo Juan Felipe quien es mi motivación.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida, a mi Director de trabajo de grado, José Isidro García Melo, PhD, por su constante apoyo en el desarrollo del proyecto, a los diferentes profesores que contribuyeron a adquirir mis conocimientos durante toda mi carrera, a mis compañeros quienes me aportaron su conocimiento y experiencia.

Gracias a la Universidad del Valle por abrirme sus puertas y demás funcionarios.

Sus aportes y enseñanzas me permitirán seguir creciendo como profesional y contribuir con la comunidad.

RESUMEN

Durante los últimos años el crecimiento de la industria de la construcción ha impulsado que las empresas dedicadas a la fabricación de productos cerámicos y de arcilla mejoren sus procesos para garantizar el cumplimiento en las entregas de productos con el estándar de calidad exigidos por la Norma NTC¹4205-3. Para esto, las empresas han desarrollado proyectos de automatización en los diferentes procesos de la elaboración.

Actualmente, en el departamento del Valle Del Cauca, las industrias Ladrilleras han ampliado están incursionando en los mercados de las zonas sur, sur occidente y centro del territorio nacional debido a los costos y calidad de sus productos, entre otros parámetros.

En este contexto, el desarrollo de este proyecto está enfocado en el área de quema o cocido del proceso de producción, donde actualmente la alimentación de las Tolvas de los inyectores de carbón se realiza manualmente generando polución, riesgos de accidentes y retardos en los tiempos de alimentación. Como consecuencia, se planteó un sistema de transporte automático de carbón de 1Tn/hora que permita un correcto funcionamiento de los Hornos de cocido del producto.

La ejecución del proyecto se inició con la especificación del problema, donde el cliente planteó los requerimientos y las restricciones. Luego, fue realizada una conceptualización del problema donde se analizaron las posibles soluciones para las necesidades establecidas por el cliente, la cual nos permitió seleccionar la opción más conveniente de acuerdo a unos parámetros establecidos. Posteriormente, se realizaron los cálculos necesarios y la selección de los materiales para garantizar la confiabilidad del sistema, de igual la elaboración de los planos generales que permitan comprender el funcionamiento del equipo. Finalmente, se elaboraron la estimación de costos y el análisis de recuperación de la inversión buscando así garantizar la viabilidad del proyecto.

¹ Norma Técnica Colombiana para productos de mampostería de arcilla

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	6
CAPITULO I: CONTEXTUALIZACION.....	14
1. INTRODUCCION.....	14
1.1 PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	14
2 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	16
2.1.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
2.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	16
3 MARCO TEORICO	16
3.1 Funcionamiento e Historia de los Hornos Tipo Túnel.....	16
3.2 Descripción y Operación.....	16
3.3 TRANSPORTADOR DE SOLIDOS.....	18
3.3.1 TRANSPORTADORES DE PALETAS.....	18
3.3.2 COMPOSICION DE ACEROS AL CARBONO PARA FABRICACION DE CADENAS	19
3.3.3 Cadena de Acero – Definición	19
3.3.4 Cadena de Acero -Tipos.....	20
3.3.5 Cadena de Acero – Usos.....	21
3.3.6 Cadena de Acero –Aplicaciones.....	22
3.3.7 Comprobación del esfuerzo total soportado por la cadena	22
3.4 Cálculos para fabricar un Engranaje de Cadena.....	24
3.5 Selección de Motoreductor	25
3.5.1 Par transmisible $Mn2$ [Nm].....	27
3.5.2 Factor de Servicio s_f	27
3.5.3 Potencia Seleccionada	28
Live HP	29
Levantar HP	29
HP total	29
3.6 CARACTERISTICAS DE TUBOS SCH 40 Y SCH 80	30
3.6.1 Descripción:.....	30
3.6.2 Usos	30
3.6.3 2.3.3 Norma y Composición Química.	30

3.6.4	Propiedades Mecánicas	30
3.6.5	Dimensiones y Pesos Teóricos.....	31
3.7	CABLES DE ACERO.....	31
3.7.1	Conformación	31
3.7.2	Alma	32
3.7.3	Clasificación.	32
3.7.4	Terminación Superficial	32
3.8	Polietileno de Alta densidad.....	33
3.8.1	Característica	34
3.9	La fuerza normal	34
3.10	El bloque se mueve	36
3.11	El bloque está en reposo	36
CAPITULO II: PLANIFICACION DEL DISEÑO		39
4	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.....	39
4.1	Especificación del problema	39
4.2	Ingeniería conceptual.	40
4.3	Ingeniería básica.	40
4.4	Estimación de costos.....	40
CAPITULO III: REQUISITOS DE DISEÑO.....		41
5	ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA	41
5.1	Resultados de la Visita	41
5.2	Carbojet o Quemadores de Carbón	42
5.3	Suministro de Carbón a los Hornos	42
5.3.1	Consumo de Carbón.....	43
5.4	Medio Ambiente y Seguridad en el Trabajo	44
5.5	Requerimientos del Cliente.....	44
CAPITULO IV: DISEÑO CONCEPTUAL.....		46
6	Diseño Conceptual	46
6.1	Representación Actual.....	46
6.2	Definición de la Arquitectura del Sistema.....	46
6.3	Propuestas de Diseño	48
6.4	Selección de Propuesta.....	49

CAPITULO V: INGENIERIA BASICA	55
7 Ingeniería Básica	55
7.1 Longitud del Área de Trabajo.....	55
7.2 Características del material a Transportar	56
7.3 Cálculos de Diseño.....	56
7.4 Selección del diámetro de las paletas.....	58
7.5 Selección de tubo SCH.....	61
7.6 Calculo del Peso del Material Total a Transportar.....	61
7.7 Selección de Cadena.....	62
7.8 Calculo del peso de las paletas	63
7.9 Calculo de la fuerza requerida para el funcionamiento del sistema.....	64
7.10 Cálculo del Piñón Motriz	67
7.11 Características para la Selección del Moto Reductor	68
7.12 HP vacío.....	69
7.13 Live HP	69
7.14 Levantar HP.....	70
7.15 HP total.....	70
7.16 Calculo de Volumen de la Tolva	72
8 CAPITULO VI: ESTIMACION DE COSTOS.....	84
8.1 Análisis de Costos Indirectos Generados por Incapacidades.....	84
8.2 Costo del Proyecto	86
8.3 Recuperación de la Inversión	88
9 CONCLUSIONES	89
BIBLIOGRAFIA.....	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Personal Incapacitado Año 2017, Fuente (GARIBELLO, 2018).....	15
Tabla 2. Días Perdidos por Incapacidad proceso Hornos. Fuente (GARIBELLO, 2018) ..	15
Tabla 3. Propiedades de la Cadenas, Fuente (KATIAK, 2013)	19
Tabla 4. Características técnicas de los Eslabones. Fuente (KATIAK, 2013).....	20
Tabla 5. Características Eslabón Corto, Fuente (KATIAK, 2013)	21
Tabla 6. Características Eslabón Largo, Fuente (KATIAK, 2013).....	21
Tabla 7. Número de Paradas y arranques mayores a 10 en una hora. Fuente (REM, 2012)	28
Tabla 8. Número de Paradas y arranques menores a 10 en una hora. Fuente (REM, 2012)	28
Tabla 9. Norma y Composición Química. Fuente (TUBISA, 2016).....	30
Tabla 10. Propiedades Mecánicas. Fuente (TUBISA, 2016)	30
Tabla 11. Dimensiones y Peos Teóricos. Fuente (TUBISA, 2016)	31
Tabla 12. Características Tubos SCH. Fuente(TUBISA, 2016)	31
Tabla 13. Resistencia a la Rotura. Fuente(SERVICABLES, 2017).....	33
Tabla 14. Propiedad Polietileno de Alta Densidad, Fuente (BOMALPRES, 2017)	34
Tabla 15. Coeficientes Estáticos y Cinemáticas, fuente (Serway, 1992)	38
Tabla 16, Consumos de Carbón Horno No 1. Fuente Autor	43
Tabla 17. Consumo de Carbón Horno No 2, Fuente Autor.....	44
Tabla 18. Requerimientos del Cliente, Fuente Autor	45
Tabla 19, Requerimientos adicionales. Fuente Autor.....	45
Tabla 20. Necesidades del Cliente, Fuente Autor.	49
Tabla 21. Evaluación de Peso para las necesidades de costos, Fuente Autor.....	50
Tabla 22. Matriz de Decisión de Costos, Fuente Autor	51
Tabla 23. Evaluación de Peso para las necesidades de Diseño, Fuente Autor	51
Tabla 24. Matriz de Decisión de Diseño, Fuente Autor	52
Tabla 25. Evaluación de Peso de Necesidades de Seguridad y Medio Ambiente, Fuente Autor.....	52
Tabla 26. Matriz de Decisión de Seguridad y Medio Ambiente, Fuente Autor.	53
Tabla 27. Matriz de decisión definitiva, Fuente Autor.	53
Tabla 28. Calculo de densidad, Fuente Autor	56
Tabla 29. Resultado de Cálculos para una velocidad de 1tn/hora.....	57
Tabla 30. Tiempos y Consumos Horno No 1 para velocidad de 1tn/hora, fuente Autor....	57
Tabla 31. Tiempos y Consumo Horno No 2 para velocidad de 1tn/Hora, fuente Autor....	58
Tabla 32. Resultado de Cálculos para una velocidad de 6.574 tn/hora.....	60
Tabla 33. Tiempos y Consumos Horno No 1 para velocidad de 6.574 tn/hora, fuente Autor.	60
Tabla 34. Tiempos y Consumos Horno No 2 para velocidad de 6.574 tn/hora, fuente Autor.	61
Tabla 35. Matriz de Cálculo para el volumen. Fuente Autor.....	73
Tabla 36. Detalle de las cargas aplicadas. Fuente Autor	75
Tabla 37. Información de la Malla. Fuente Autor.....	77
Tabla 38. Detalle de la Malla. Fuente Autor.	77

Tabla 39. Información del Modelo. Fuente Autor.....	78
Tabla 40. Propiedades del Material. Fuente Autor.	82
Tabla 41. Resultados del Estudio. Fuente Autor.	82
Tabla 42. Promedio Salarial y Prestaciones Sociales. Fuente Autor	84
Tabla 43. Costo Total por Incapacidad. Fuente Autor	85
Tabla 44. Costos Horas Extras por Incapacidad. Fuente Autor.	85
Tabla 45. Costo Generado por 8 personas. Fuente Autor.	85
Tabla 46. Cotizacion de Repuestos. Fuente Proveedor A.	86
Tabla 47. Cotización de Servicios. Fuente Proveedor A.	87
Tabla 48. Cotización de Montaje Estructural. Fuente Proveedor A.	87
Tabla 49. Cotización Sistema Eléctrico. Fuente Proveedor B.	87
Tabla 50. Costos de Ingeniería. Fuente Autor.	88
Tabla 51. Costo total del Proyecto. Fuente Autor.	88

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Funcionamiento Horno Túnel. (Maithel, 2015)	17
Ilustración 2. Detalles de un Eslabón. Fuente (KATIAK, 2013)	20
Ilustración 3. Calculo de Piñón Motriz. Fuente(Mascayano, 2008)	24
Ilustración 4. Características de los Cables de acero. Fuente (SERVICABLES, 2017)	32
Ilustración 5. Forma constructiva de los cables de acero. Fuente (SERVICABLES, 2017)	32
Ilustración 6. Resistencia y Flexibilidad de los Cables. Fuente (SERVICABLES, 2017)...	33
Ilustración 7. Diagrama de Fuerzas. Fuente (Serway, 1992).....	35
Ilustración 8. Diagrama de Fuerzas plano inclinado. Fuente (Serway, 1992)	35
Ilustración 9. Diagrama de Fuerzas. Fuente (Serway, 1992).....	36
Ilustración 10. Diagrama de Fuerzas bloque en movimiento. Fuente (Serway, 1992)	36
Ilustración 11. Diagrama de Fuerzas para cuerpo en reposo. Fuente (Serway, 1992)	37
Ilustración 12. Fluxograma del proceso. Fuente Autor.	39
Ilustración 13. Interior Horno Túnel. Fuente Autor	Ilustración 14. Salida Horno Túnel, fuente Autor.
Ilustración 15. Quemador Tecnober SAS, Fuente (Bernini).....	41
Ilustración 16. Zona de acopio de Carbón Parte Superior Hornos, Fuente Autor.	42
Ilustración 17. Alimentación manual, fuente Autor.	Ilustración 18. Carbojet 2 Horno No 1 fuente Autor.
Ilustración 19. Posición actual de los carbojets, fuente Autor.	43
Ilustración 20. Representación General Sistema de Transporte de Carbón, Fuente Autor	46
Ilustración 21. Sistema de Transporte de Paletas para cada Horno. Fuente Autor	47
Ilustración 22. Sistema de transporte de paletas para los dos Hornos. Fuente Autor.....	48
Ilustración 23. Representación detallada del sistema automático de transporte de Carbón de 1Tn/Hora , fuente Autor	49
Ilustración 24. Propuesta Sistema Automático de transporte de carbón de 1 tn/hora mediante paletas. Fuente Autor	54
Ilustración 25. Bosquejo General de la instalación del sistema de transporte de Carbón, Fuente Autor.	55
Ilustración 26 . Propuesta de diseño de paleta. Fuente Autor.	55
Ilustración 27. Propuesta de diseño de cadena con paletas. Fuente Autor.	59
Ilustración 28. Diagrama de Fuerzas zona inclinada.....	63
Ilustración 29. Propuesta de Transportador de Paletas. Fuente Autor.	64
Ilustración 30. Calculo de Volumen de la Tolva. Fuente Autor.	67
Ilustración 31. Modelo de la Tolva. Fuente Autor.	72
Ilustración 32. Condiciones de Bordes Fijos. Fuente Autor.	73
Ilustración 33. Aplicación de Cargas. Fuente Autor.....	74
Ilustración 34. Malla Solida. Fuente Autor.....	76

ANEXOS

Anexo 1. Vista frontal sistema automático de transporte de Carbón de una 1tn/h mediante paletas.....	92
Anexo 2. Vista lateral sistema automático de transporte de Carbón de una 1tn/h mediante paletas.....	93
Anexo 3. Vista Superior sistema automático de transporte de Carbón de una 1tn/h mediante paletas	94
Anexo 4. Plano tolva.....	95
Anexo 5. Curva superior	96
Anexo 6. Curva Inferior	97
Anexo 7. Paleta	98
Anexo 8. Flanche.....	99
Anexo 9. Polea	100
Anexo 10. Silos Tolvas Carbojet.....	101
Anexo 11 Formulas para el calculo de cadenas.....	102
Anexo 12 Tabla de presiones máximas admisibles en articulaciones de cadenas.	103
Anexo 13 Resistencia a la rotura de cables	104
Anexo 14. Angulo Interno de Fricción para Diseño de Tolvas	105

CAPITULO I: CONTEXTUALIZACION

En este capítulo se pretende definir el contexto del proyecto. En este sentido, se presentan las necesidades, objetivos que orientan este trabajo. Adicionalmente, se expone un sumario de la recopilación de la información necesaria para el desarrollo del mismo.

1. INTRODUCCION

El crecimiento de la industria de la construcción en los últimos años ha hecho que las compañías dedicadas a la producción de materiales cerámicos deban mejorar sus procesos con la finalidad de garantizar el cumplimiento de la demanda requerida garantizando la calidad de sus productos.(CAMACOL, 2017).

En el caso las ladrilleras el proceso de quema o cocción del producto se realiza a través de carbojet², los cuales se encargan de inyectar el carbón a los hornos la cual se realiza por parte de un ayudante de manera manual. Como consecuencia, la efectividad de esta actividad depende de la habilidad del operario de turno y cualquier descuido puede afectar la integridad física del operario y la calidad del producto. Este escenario ha motivado a la mejora de este proceso por medio del diseño de un sistema automático de transporte de carbón mediante un transportador de paletas. Este sistema de transporte consiste en una canal por el que se desplazan paletas, cuya sección se ajusta a la canal. El material a transportar se ubica entre las paletas y con el movimiento se va desplazando. Las paletas se encuentran unidas a una cadena sin fin, que se mueven por la potencia transmitida por medio de una rueda dentada ubicada en uno de los extremos. Las paletas son de acero y/o polietileno las cuales se encuentran dispuestas a distancias iguales a lo largo de la cadena. El objetivo de esta inclusión tecnológica está orientado a la calidad del producto, reducción de accidentes laborales generados por lumbagos al transportar el carbón, disminución de pérdidas y emisiones de carbón durante el transporte.

1.1 PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Según las estadísticas, actualmente se evidencia un constante crecimiento en las construcciones. En el II trimestre donde de 3.666 m² en construcción del 2.016 para Viviendas de Interés Social (VIS) paso a 3.898 m² en construcción en el 2017, presentando un incremento del 6%, de igual manera se presentan un incremento del 6% para viviendas No VIS con 17.738 m² en construcción para el II Trimestre de 2017de 16.624 m² en construcción del II Trimestre de 2.016.(DANE, 2017)

Considerando que la industria de la construcción exige unas características en la calidad y en la apariencia física de los ladrillos limpios o ladrillo a la vista, las ladrilleras están en

²Equipo que permite la inyección de carbón a los hornos.

una constante mejora de los procesos para garantizar las diferentes exigencias del mercado de la construcción.

En la Construcción, el uso de la arcilla es variado, como por ejemplo la elaboración de ladrillo cocido. Para la fabricación de este producto algunas ladrilleras de la región, como ladrillera Meléndez, el proceso de quema o cocción se realizan en un Horno Tipo Túnel. El combustible usado por los equipos de quema o Carbojets es carbón, el cual es suministrado en un tamaño de grano no superior a 1mm. Para esto, el carbón es inyectado a presión, en el caso de la ladrillera Meléndez se tienen 6 puntos de suministro de combustible. Los quemadores son alimentados por 2 Auxiliares del Horno los cuales trasladan los bultos de 64 Kg con recorridos de 2m a 18m de distancia, dependiendo de la ubicación del quemador que van a alimentar. Se estima que el total de bultos transportar en un turno de 8 Horas es 81, aproximadamente. Según las estadísticas, este constante esfuerzo físico de los auxiliares, ocasiona un deterioro en la salud expresado en enfermedades profesionales. Por ejemplo, en la empresa Ladrillera Meléndez S.A.S³ las lesiones durante el año 2017 se encuentran especificadas en las Tabla 1. Personal Incapacitado Año 2017, Fuente Tabla 2. Días Perdidos por Incapacidad proceso Hornos. Fuente :

Tabla 1. Personal Incapacitado Año 2017, Fuente (GARIBELLO, 2018)

NUMERO DE INCAPACITADOS HORNOS													
Tipo de Lesión	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Lumbagos	1			1		1		1			1		5
Contusiones			1										1
Quemaduras		1											1
Cortes y Heridas					1				1				2
Partícula en Ojo		1				1	1		1				4
TOTAL													13

Tabla 2. Días Perdidos por Incapacidad proceso Hornos. Fuente (GARIBELLO, 2018)

NUMERO DE DIAS PERDIDOS HORNOS													
Tipo de Lesión	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Lumbagos	6			15		3		6			4		34
Contusiones			5										5
Quemaduras		30	30	30									90
Cortes y Heridas					30	15			12				57
Partícula en Ojo		0				2				3			5
TOTAL													191

Adicionalmente, durante el traslado del carbón se presentan pérdidas del combustible debido a deterioro del empaque que se presentan en el traslado desde el punto de acopio, el

³Empresa ubicada en Norte del Cauca dedicada a la fabricación de productos en arcilla.

cual es realizado con Montacargas, hasta la disposición final que la realiza los auxiliares. En este contexto, este proyecto está orientado a la automatización del transporte del carbón granular, el cual procura que los operarios no intervengan en un proceso sistemático. En términos generales, este proyecto permitió la especificación de un sistema que atiende las necesidades planteadas en términos del montaje correcto del equipo, la forma de operación y el mantenimiento.

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema automático de Transporte de Carbón de 1 Tn/Hora mediante un transportador de paletas

2.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Definir los requisitos del sistema automático de transporte de carbón de 1 Tn/Hora mediante referencias bibliográficas, trabajo de campo.
2. Especificar una arquitectura del sistema automático de transporte de carbón de 1 Tn/Hora.
3. Caracterizar los diferentes módulos que integran la arquitectura del sistema automático de transporte de carbón de 1 Tn/Hora.
4. Realizar una estimación económica del sistema automático de transporte de carbón de 1 Tn/Hora.

3 MARCO TEORICO

3.1 Funcionamiento e Historia de los Hornos Tipo Túnel

El horno Hoffman es una estructura en la que los productos de arcilla que van a ser quemados pasan en furgones a través de un largo túnel horizontal. La quema de productos tiene lugar en la parte central del túnel. Este tipo de túnel es considerado como una de las mejores tecnologías en la manufactura de ladrillos. La principal ventaja de la tecnología del horno de túnel consiste en su capacidad para quemar una amplia variedad de productos de arcilla, mejor control sobre los procesos de quema y alta calidad de los productos. La tecnología del horno de túnel fue desarrollada a mediados del siglo XIX en Alemania; sin embargo, su uso en la quema de ladrillos viene desde el siglo XX. Después de la Segunda Guerra Mundial, esta tecnología fue ampliamente adoptada y llevó a la transformación de la industria ladrillera europea de varios miles de pequeñas y dispersas unidades de fabricación de ladrillo a unos cientos de unidades de hornos a gran escala altamente mecanizados (Maithel, 2015, págs. 1,2)

3.2 Descripción y Operación

En la Ilustración 1 se muestra el funcionamiento y la operación de un horno túnel Hoffman.

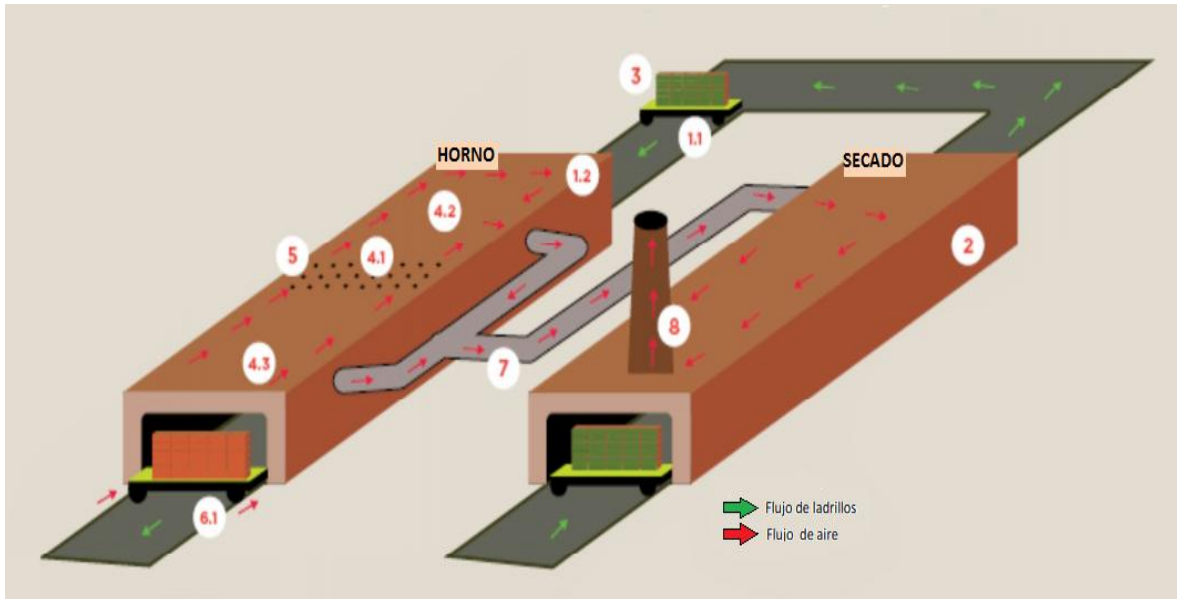


Ilustración 1. Funcionamiento Horno Túnel. (Maithel, 2015)

A continuación se explican los diferentes puntos del proceso de operación del Horno Túnel de la Ilustración 1:

(1) En un horno de túnel, los productos de arcilla/ladrillos que serán quemados pasan en furgones (1.1) a través de un túnel horizontal largo (1.2). La quema de ladrillos se produce en la parte central del túnel. La longitud del túnel puede variar de 60 a 150 m.

(2) Los ladrillos crudos generalmente son producidos mezclando polvo combustible con arcilla. Luego estos ladrillos se mueven en los túneles o cámaras secadoras en furgones para su secado. El calor de los gases de emisiones calientes que salen del horno es utilizado para el secado de los ladrillos.

(3) Los furgones cargados con ladrillos crudos secos son empujados hacia el horno y se mueven dentro de este intermitentemente a intervalos fijos. La duración del ciclo de quema puede variar de 30 a 72 horas.

(4) En un horno de túnel en operación se distinguen 3 zonas: 4.1 La zona de quema de ladrillos, donde se produce la alimentación de combustible y la combustión. 4.2 La zona de pre-quema (antes de la zona de quema), donde se calientan los ladrillos pre-quemados por acción de los gases de salida que salen de la zona de quema. 4.3 Zona de enfriamiento de ladrillos (en la parte delantera de la zona de quema), donde los ladrillos quemados son enfriados por el aire frío que ingresa al horno.

(5) El horno es alimentado con combustible (carbón granulado/pulverizado) en la zona de quema del horno a través de los hoyos de alimentación que están en el techo del texto. La

zona de quema generalmente se extiende a 8 furgones. La temperatura en la zona de quema se mantiene en 900-1050 °C.

(6) Existe una contracorriente entre los ladrillos y el aire. El aire frío ingresa al horno del extremo de salida de furgones y (6.1) y se calienta mientras se enfrían los ladrillos quemados. Después de la combustión, los gases de salida calientes viajan hacia el extremo de entrada del furgón y pierden una parte del calor en los ladrillos crudos que entran en el horno.

(7) Los gases/aire caliente son extraídos del horno de túnel en varios puntos a lo largo del túnel y se suministran al túnel/cámara de secado. Algunos hornos están también dotados de un generador de aire caliente para complementar los requerimientos de aire caliente para secado.

(8) Los gases de escape del túnel de secado son liberados a la atmósfera a través de la chimenea.

3.3 TRANSPORTADOR DE SOLIDOS

El transporte de sólidos es un sistema que tiene como fin llevar materiales de un sitio a otro. La selección de los equipos de transporte se realiza una vez que se ha definido el proyecto. Para ellos se debe tener en cuenta el plan a ejecutar, que consiste en una evaluación técnica y económica completa.

El transporte de un material puede clasificarse de varias formas. Según el tipo de sustancia a transportar se divide en tres formas: sólidos, líquidos y gases. Mientras si la clasificación es de acuerdo al espacio físico se presentan dos tipos: Externo y/o Interno. (Transporte de Solidos, 2014)

Aspectos a tener en Cuenta en cuanto al Transporte:

- Las características (naturaleza) del material a transportar, tales como: tamaño, peso específico, dureza, abrasividad, humedad, temperatura, entre otros.
- Distancia y dirección de transporte (vertical, horizontal, oblicua).
- Cantidad a transportar.
- Forma de almacenamiento de los materiales
- Lugar donde se realizara el transporte (abierto y/o cerrado).
- Seguridad de operarios (de la planta en general y que manipulan el equipo de transporte).
- Forma y lugar de carga y descarga del Equipo – Amortización del equipo de transporte (incluyendo su instalación) (OSORIO, 2014)

3.3.1 TRANSPORTADORES DE PALETAS

Los transportadores de paletas constan de diferentes partes y/o componentes a saber:

Estructura: Para el diseño de la estructura se debe tener en cuenta el material a transportar y el tipo de sistema que se utilizara. Para el caso del sistema de paletas debe definirse el tipo de material de las paletas y el ducto por donde se desplazara el material, esto con la finalidad de garantizar la resistencia a la abrasión generada por la fricción entre el material a transportar, el ducto y las paletas.

Paletas: Son los encargados de transportar la carga por el ducto o canal. Las formas más usadas de paletas es de forma de redonda, lo cual permite sellar el paso de material entre las paredes del ducto y las paletas.

Canal o ducto: Está formado por secciones de aproximadamente 6mts que se unen sucesivamente unas con otras y cuya cantidad se determina por la longitud del transportador.

Sistema de Transmisión: El sistema de transmisión del transportador de paletas es similar al de banda, la diferencia entre ambos radica en la utilización de catalinas en vez de tambores. Las catalinas se construyen de acero o hierro fundido. (Delgado, 2014)

3.3.2 COMPOSICION DE ACEROS AL CARBONO PARA FABRICACION DE CADENAS

La fuerza de la cadena terminada está determinada por la composición y el tratamiento del acero utilizado para su fabricar. La cadena marina con la resistencia más baja es de grado 30, hecha de acero bajo en carbono como DIN 10301 (UE) SAE 1008 (EE. UU.). Para el grado 40, los contenidos de carbono y manganeso se incrementan, dando aproximadamente un 25% de aumento en la fuerza, pero sin tratamiento térmico. Este acero es típicamente DIN 1.1133 (UE) SAE 1022 (EE. UU.). Estos grados pueden galvanizarse sin preocuparse por la reducción de la resistencia. La cadena de grado 70 se fabrica con el mismo acero que el Grado 40, pero se trata con calor para aumentar la resistencia más 20% ver Tabla 3.

Tabla 3. Propiedades de la Cadenas, Fuente (KATIAK, 2013)

Properties of chain steels			
	Grade 30	Grade 40/43	Grade 70
Composition			
Iron	Balance	Balance	Balance
Carbon	0.08	0.17 – 0.23	0.17 – 0.23
Manganese	0.6 max	0.7 – 1.4	0.7 – 1.4
Phosphorus	0.035 max	0.05 max	0.05 max
Copper	0.2 min		
Sulphur	0.04	0.05 max	0.05 max
Quench/temper	-	-	875/600 C
Tensile strength	302 – 357 MPa	550 MPa	550 – 700 MPa

3.3.3 Cadena de Acero – Definición

Una cadena de acero puede definirse como a un conjunto de eslabones de acero, unidos entre si, que constituyen una pseudua cuerda de metal apta para resistir esfuerzos de tracción.

En la mayoría de los casos los aceros utilizados para su construcción se define por las normas ANSI B30.9C/94:

- Acero dulce, sin tratar, Grado 3
- Acero de alta resistencia, no tratado o normalizado, Grado 4
- Acero de alta resistencia, templado y revenido, Grado 6
- Acero aleado, templado y revenido, Grado 8

3.3.4 Cadena de Acero -Tipos

Una cadena de acero puede ser de dos tipos:

- Eslabón cortó
- Eslabón Largo

En la Ilustración 2 se observa las dimensiones para definir el tipo de eslabón:

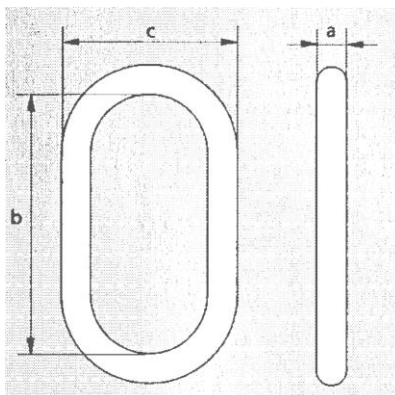


Ilustración 2. Detalles de un Eslabón. Fuente (KATIAK, 2013)

En la Tabla 4 se encuentra una descripción general de las características técnicas y en las Tabla 5 y Tabla 6 podemos ver el detalle para cada tipo de eslabón.

Tabla 4. Características técnicas de los Eslabones. Fuente (KATIAK, 2013)

	Diámetro	Longitud Interior	Ancho Exterior	Carga minima de rotura	Peso por metro
	a mm	b mm	c mm	Kg	Kg
Corto	3	16	11	340	0.17
	4	16	14	800	0.32
	5	18.5	17	1250	0.5
	6	18.5	20	1600	0.75
	7	22	23	2500	1
Largo	8	24	26	3200	1.35
	3	26	13	320	0.14
	4	32	16	630	0.27
	5	36	20	1000	0.43
	6	42	24	1250	0.63
	7	48	28	1900	0.86
	8	54	32	2500	1.1

Tabla 5. Características Eslabón Corto, Fuente (KATIAK, 2013)

CADENA DIN 766 (Eslabón corto)									
Espesor nominal d (mm)	Paso t= (mm)	b = (mm)	Carga útil	Carga de prueba	Carga mínima de rotura	Peso kg/MT	Ref.PULIDA	Ref.ZINCADA	Ref.GALV.FUEGO
4	16	14	200	500	800	0,32	CP7664	CZ7664	CGF7664
5	18,5	17	320	800	1.250	0,50	CP7665	CZ7665	CGF7665
6	18,5	20	400	1.000	1.600	0,75	CP7666	CZ7666	CGF7666
6*	18,5	20	400	1.000	1.600	0,75	CENP6	CENZ6	CENG6
7	22	23	630	1.600	2.500	1,00	CP7667	CZ7667	CGF7667
8*	24	26	800	2.000	3.200	1,40	CP7668	CZ7668	CGF7668
10	28	34	1.250	3.200	5.000	2,25	CP76610	CZ76610	CGF76610
10*	30	36	1.250	3.200	5.000	2,15	CENP10	CENZ10	CENG10
12*	36	43	1.725	3.550	7.100	3,35	CENP76612	CENZ76612	CENG12
13	36	44	2.000	5.000	8.000	3,85	CP76614	CZ76614	CGF76613
16	45	54	3.200	8.000	12.500	5,80	CP76616	CZ76616	CGF76616
18	50	58	4.000	10.000	16.000	7,30	CP76618	CZ76618	CGF76618
20	56	64	5.000	12.500	20.000	9,00	CP76620	CZ76620	CGF76620

* * También es posible fabricar similar a DIN 766 sin tratamiento térmico.

Norma:

Cadenas para usos navales, transportadores continuos, elevadores de canchales y minería, ascensores, redes de pesca y usos generales.

* Referencias correspondientes a la normativa EN24565.

* Referencia correspondiente a las normativas DIN766 y EN24565.

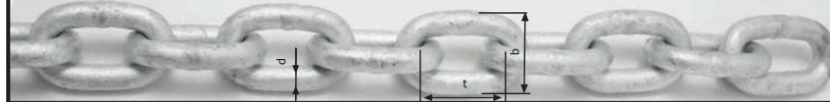


Tabla 6. Características Eslabón Largo, Fuente (KATIAK, 2013)

CADENA DIN 763 (Eslabón largo)									
Espesor nominal d (mm)	Paso t= (mm)	b = (mm)	Carga útil	Carga de prueba	Carga mínima de rotura	Peso kg/MT	Ref.PULIDA	Ref.ZINCADA	Ref.GALV.FUEGO
4	32	16	100	250	600	0,27	CP7634	CZ7634	CGF7634
5	35	20	160	400	1000	0,43	CP7635	CZ7635	CGF7635
6	42	24	225	500	1400	0,63	CP7636	CZ7636	CGF7636
7	49	28	300	800	1800	0,86	CP7637	CZ7637	CGF7637
8	52	32	400	1000	2500	1,10	CP7638	CZ7638	CGF7638
10	65	40	630	1600	4000	1,75	CP76310	CZ76310	CGF76310
13	82	52	1000	2500	6300	2,95	CP76313	CZ76313	CGF76313
16	100	64	1600	4000	10000	4,45	CP76316	CZ76316	CGF76316

* También es posible fabricar similar a DIN 763 sin tratamiento térmico.

Norma:

Cadenas para usos generales, se pueden fabricar calibradas para transportadores continuos etc.

Las cadenas según esta norma no deben ser empleadas como medios para admisión de carga, medios de tope o medios de soporte en sentido de DIN 15003 en unión con aparatos de elevación.



3.3.5 Cadena de Acero – Usos

Las cadenas de acero tienen múltiples usos en el movimiento de los materiales, pero estas aplicaciones están en función de la calidad del acero de la misma: Aceros calidad grado 3 es destinado para usos generales, no apto para elevación de cargas.

Aceros calidad grado 4 y 6 es destinado para tensores y riendas
Acero calidad grado 8 o superior se usa para elevación de cargas

3.3.6 Cadena de Acero –Aplicaciones

Las cadenas de acero se proveen en terminación: Negra (sin protección) o Galvanizada, en función del medio donde van a ser utilizadas la mayoría de los grandes fabricantes han desarrollado una línea de cadenas y accesorios en acero inoxidable AISI 316.

También se desarrollaron soluciones para operar a bajas temperaturas

Recomendaciones para el uso:

Realizar inspecciones periódicas

Observar que no se presenten fisuras ni grietas

No tratar térmicamente una cadena

Nunca repare una cadena (por soldadura, calentando o doblando los eslabones, etc).(KATIAK, 2013).

3.3.7 Comprobación del esfuerzo total soportado por la cadena

A partir de la siguiente formula se puede obtener el valor del esfuerzo útil (F_u) que desarrolla la cadena a partir de la siguiente expresión:

(1)

$$F_u = \frac{P}{v}$$

Donde,

F_u , es el esfuerzo útil que desarrolla la cadena

P , es la potencia transmitida, en este caso

v , es la velocidad lineal promedio

El otro componente del esfuerzo, el debido a la fuerza centrífuga de la cadena (F_c), viene determinado por la siguiente expresión:

(2)

$$F_c = m \cdot v^2$$

Siendo m la masa unitaria (kg/m) de la cadena.

Por lo tanto el esfuerzo total que soporta la cadena es:

(3)

$$F_0 = F_u + F_c$$

Por lo que resulta un coeficiente de seguridad de:

(4)

$$C_s = \frac{R}{F_0}$$

Donde R es la carga de rotura.

Se considera de buena práctica disponer de un coeficiente de seguridad de al menos $C_s > 12$. (Rodríguez Galbarro)

Comprobación de la presión máxima de contacto

Según la lista de formulaciones que aparecen en el anexo A1 la presión de contacto (P_s) que ejerce la cadena sobre el flanco del diente de la rueda se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

(5)

$$P_s = \frac{F_0}{d \cdot l}$$

Donde,

F_0 , es el esfuerzo total que transmite la cadena

d , es el diámetro del perno (bulón o eje) de la cadena

l , es la longitud del casquillo de la cadena. En las tablas de características de la cadena que se incluyen en el anexo A2 también aparece como el ancho del eslabón interior.

Diámetro del perno o eje (d).

Longitud del casquillo o anchura del eslabón interior (l):

Se puede extraer de la tabla con las presiones máximas admisibles en las articulaciones del Anexo 12.

3.4 Cálculos para fabricar un Engranaje de Cadena

Para el cálculo y/o diseño del piñón se debe contar con la siguiente información ver Ilustración 3. Calculo de Piñón Motriz. Fuente:

N: Número de dientes del engranaje.

d: Diámetro de los rodillos.

P: Distancia entre centros de los rodillos o paso de la cadena.

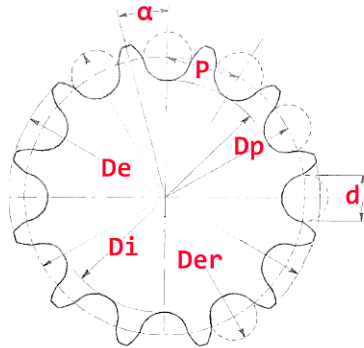


Ilustración 3. Calculo de Piñón Motriz. Fuente(Mascayano, 2008)

A continuación se relacionan las ecuaciones necesarias para el cálculo del piñón motriz para cadena:

Ángulo Alfa (α) del engranaje

(6)

$$\alpha = 180^\circ/N$$

Diámetro primitivo del engranaje (D_p)

(7)

$$D_p = P/\text{Sen } \alpha$$

Diámetro interno del engranaje (D_i)

(8)

$$D_i = D_p - d$$

Diámetro exterior del engranaje (D_e)

(9)

$$D_e = D_p + ((0,63)(d))$$

5. Diámetro exterior recomendado (Der)

(10)

$$Der = Dp + d$$

3.5 Selección de Motoreductor

Todas las máquinas requieren de una fuerza motriz. En la antigüedad ésta venía de animales, seres humanos o los elementos, como el viento o corrientes de agua. Hoy en día la gran mayoría de las máquinas son accionadas por motores ya sean eléctricos, de combustión interna, hidráulicos o turbinas de gas o de vapor. Sin importar de donde provenga la fuerza motriz, es necesario llevar el movimiento y la fuerza, desde el lugar en que se generan hasta el lugar en que se emplean. En las herramientas más sencillas la fuerza motriz se usa directamente para realizar el trabajo deseado, en un cepillo para madera, por ejemplo, se emplea el movimiento de la mano para empujar la carga. En este caso, la carga se mueve a la velocidad de la mano. Pero en la gran mayoría de las máquinas la fuerza motriz se genera en un lugar y en una forma que no pueden emplearse directamente. En un taladro manual, por ejemplo, la fuerza motriz se genera en una manivela pero se emplea en una broca. La manivela estará colocada en forma tal que permita aprovechar la fuerza de la mano que la hace girar, y trabajará a la velocidad que ésta le imprima, mientras que la broca estará colocada en la forma que más convenga para barrenar y girará a una velocidad que permita que el trabajo se haga con mayor eficacia. Es necesario, por tanto, transformar el movimiento de la manivela para que sea útil para el barrenado. En este caso la transformación o transmisión del movimiento se logra mediante un simple tren de engranes. Para cubrir las necesidades de las diversas máquinas que existen, se ha desarrollado una variedad muy amplia de elementos de transmisión. Cuando hablamos de fuerza motriz quedamos ligados a dos principios fundamentales que rigen el movimiento. En primer lugar tenemos las Leyes del Movimiento de Newton, que se resumen en la ecuación:

Fuerza igual a masa por aceleración

(11)

$$F = m * a$$

Esta ecuación se usa cuando un cuerpo se desplaza con movimiento lineal. Para movimiento giratorio dicha ecuación se convierte en:

(12)

$$T = J_o * \alpha$$

en la que “T” es el par, “ J_o ” es el momento polar de inercia y “ α ” es la aceleración angular

Estrictamente hablando, estas son ecuaciones vectoriales, pero cuando se trata de movimiento en línea recta o giro sobre un eje fijo, las ecuaciones se vuelven algebraicas, que es el caso de la mayoría de los cálculos relacionados a la selección de componentes mecánicos.

Tenemos también el principio de la conservación de la energía. Este nos dice que en un sistema cerrado la energía que entra al sistema es igual a la que sale del sistema más el incremento en energía dentro de éste. A la cantidad de energía que entra, sale o se acumula en un sistema por unidad de tiempo se le denomina potencia.

En mayor o menor medida, los componentes mecánicos de transmisión toman una parte de la energía que entra y la convierten en calor. Cuando esto sucede, hay un incremento en la temperatura de operación hasta que se alcanza un equilibrio entre la energía que se está absorbiendo y el calor que se disipa en la atmósfera o mediante algún sistema de enfriamiento. Una vez alcanzado este equilibrio, la potencia mecánica a la entrada será igual a la potencia mecánica en la salida más la energía que se disipa en forma de calor. Visto a la inversa, la potencia disponible a la salida de un componente de transmisión es igual a la potencia a la entrada menos las pérdidas por calor.

La eficiencia nos dice cuánta energía se pierde, de manera que la potencia disponible a la salida de cada elemento será igual a la potencia a la entrada multiplicada por su eficiencia, esto es:

(13)

$$P_s = n * P_e$$

(La eficiencia “n”, siempre será menor a 1.0).

En movimiento lineal la potencia mecánica es igual a la fuerza requerida, multiplicada por la velocidad del movimiento, y en movimiento giratorio, es igual al par aplicado multiplicado por la velocidad angular. Nuestra ecuación, en el sistema ISO se convierte en:

(14)

$$(T * \omega)_s = n * P_e$$

En donde,

T: Par en Newton-metro (Nm)

ω : Velocidad angular en radianes por segundo

n: Eficiencia por unidad (menor a 1.0)

P: Potencia en watts (W)

Subíndice s: Condiciones a la Salida

Subíndice e: Condiciones a la entrada

Comúnmente la velocidad de giro, N, está dada en revoluciones por minuto (rpm), y la potencia en kilowatts(kW). Las unidades más usadas en el sistema inglés son libras-pulgada (lb-in) para el par y caballos de fuerza, Hp, para la potencia.

En el caso más sencillo se tiene que seleccionar un motor y su transmisión para una máquina que trabaja a una velocidad constante N_s y requiere un par T_s , también constante. La potencia requerida en el motor P_m , estará determinada por las siguientes ecuaciones(Mascayano, 2008):

Sistema Internacional

(15)

$$P_m = \frac{T_s * N_s}{9549 * n}$$

Sistema Ingles

(16)

$$P_m = \frac{T_s * N_s}{63025 * n}$$

3.5.1 Par transmisible Mn2 [Nm]

Par de salida transmisible bajo carga uniforme, referido a la velocidad de entrada N1 y la correspondiente velocidad de salida N2. El par de salida se puede calcular con la siguiente fórmula:

(17)

$$M_{n2} = \frac{P_{n1} * 9550 * n}{N_2}$$

- 9.550 es un factor constante.
- Rendimiento (n); es la eficiencia del reductor. Se obtienen en las tablas de selección que se muestran a continuación. Básicamente indica la pérdida de energía que provoca el funcionamiento del reductor a través de sus órganos sinfín corona, engranajes, etc. El rendimiento es más alto, nivel de eficiencia mayor, en los reductores de engranajes y es menor; nivel de eficiencia menor, en los reductores sinfín corona. También influye la relación de velocidad, en reductores con relaciones bajas, 1:7,5, 1:10, etc.. el rendimiento es alto, e inversamente en los reductores con relaciones altas, el rendimiento, baja.
- Potencia: Es la que aporta el motor y se expresa en Kilowatios.(kW)
- N2: revoluciones de salida del moto reductor: numero de revoluciones de entrada dividido entre la relación.

Par calculado en base a las necesidades de la aplicación. Debe ser $\leq$ Mn2.(MOTIVE, pág. 10)

3.5.2 Factor de Servicio sf

El tipo de trabajo que va a realizar el reductor está directamente vinculado al concepto de factor de servicio. El factor de servicio indica lo infra dimensionado o supra dimensionado que está un moto reductor para una aplicación en particular, hay que tener en cuenta las Tabla 7 y Tabla 8, ya que el reductor sufre más en unas condiciones de trabajo que en otras

y esto determinara que el conjunto tenga un factor de servicio mayor o menor. Un factor de servicio (sf) 1,00 indica que está trabajando durante 8 horas de trabajo diarias en servicio continuo.

No es lo mismo una cinta transportadora que trabaja una hora al día que un reductor con arrancadas, cambios de giro y paradas bruscas y sucesivas.(REM, 2012)

Tabla 7. Número de Paradas y arranques mayores a 10 en una hora. Fuente (REM, 2012)

Naturaleza del tipo de trabajo	n° de horas que trabaja al día		
	< 2	2 - 8	8 - 24
Trabajo continuo.	sf 1,0	sf 1,25	sf 1,75
Paradas y arrancadas moderadas. Cambios de giro reducidos.	sf 1,5	sf 1,75	sf 2,0
Paradas y arrancadas constantes. Cambios de giro constantes.	sf 1,75	sf 2,0	sf 2,25

Tabla 8. Número de Paradas y arranques menores a 10 en una hora. Fuente (REM, 2012)

Naturaleza del tipo de trabajo	n° de horas que trabaja al día		
	< 2	2 - 8	8 - 24
Trabajo continuo.	sf 0,8	sf 1,00	sf 1,25
Paradas y arrancadas moderadas. Cambios de giro reducidos.	sf 1,0	sf 1,25	sf 1,5
Paradas y arrancadas constantes. Cambios de giro constantes.	sf 1,25	sf 1,5	sf 1,75

3.5.3 Potencia Seleccionada

El reductor deberá tener una capacidad mecánica superior, la cual está dada por la siguiente ecuación:

(18)

$$Potencia\ del\ Reductor = P_m * sf$$

Los requisitos de potencia (HP) de un transportador de paletas se pueden calcular como la suma de los tres factores que contribuyen a los requisitos de HP. El requisito total de HP es la suma de la HP para mover la cadena / los vuelos y los piñones llamados "HP vacía" + la

HP para mover el material en el transportador llamado "HP en vivo" + la HP para levantar el material en una inclinación situación llamada el "ascensor HP". (KWS, 2019)

HP vacío

Los caballos de fuerza vacíos son la potencia necesaria para superar la fricción en el sistema de transmisión de potencia, la cadena / los piñones y los vuelos que se arrastran en la parte inferior del canal. El HP vacío se puede calcular utilizando la siguiente fórmula.

(19)

$$HP_E = \frac{2.31 * S * L * W_c * F_c}{33000}$$

Live HP

La potencia en vivo es la potencia requerida para superar la fricción del material que se desliza a lo largo de la parte inferior de la carcasa a lo largo del transportador. Live HP se puede calcular utilizando la siguiente fórmula.

(20)

$$HP_E = \frac{1.1 * S * L * W_m * F_m}{33000}$$

Levantar HP

Lift Horsepower es la potencia requerida para elevar el material a la altura requerida de un transportador con patas inclinadas o dobladas. Lift HP se puede calcular utilizando la siguiente fórmula.

(21)

$$HP_H = \frac{R * H}{33000 * 60}$$

HP total

Usando la HP vacía, la HP en vivo y la HP de elevación, la potencia total requerida para transmitir el material se puede calcular usando la siguiente fórmula.

(22)

$$HP_{Total} = \frac{HP_E + HP_L + HP_H}{E}$$

3.6 CARACTERISTICAS DE TUBOS SCH 40 Y SCH 80

3.6.1 Descripción:

Producto obtenido por laminación en caliente a partir de un eje, barra redonda o tocho de acero estructural.

3.6.2 Usos

Tubos para la conducción de fluidos, sometidos a alta presión o altas temperaturas, en la Industria Petroquímica, Minería, Pesca, Textiles, Sistemas Contra Incendio, e Industria en General, en las Tabla 9 y Tabla 10 se especifican la composición química y sus propiedades.

ASTM A 53/A 53M grado B: Conducción de fluidos a alta presión.

ASTM A 106/A 106M grado B: Conducción de fluidos a altas temperaturas.

API 5 L grado B: conducción de fluidos en la industria del petróleo.

3.6.3 2.3.3 Norma y Composición Química.

Tabla 9. Norma y Composición Química. Fuente (TUBISA, 2016)

NORMA TECNICA	C %	Mn %	Si %	P %	S %
ASTM A 53/A 53 grado B	0.30 máx	1.20 máx	-	0.050 máx	0.045 máx
ASTM A 106/A 106 grado B	0.30 máx	0.29 - 1.06	0.10 mín	0.035 máx	0.035 máx
API 5L grado B	0.28 máx	1.20 máx	-	0.030 máx	0.030 máx

3.6.4 Propiedades Mecánicas

Tabla 10. Propiedades Mecánicas. Fuente (TUBISA, 2016)

NORMA TECNICA	Límite de Fluencia			Resistencia a la Tracción		
	Kg/mm ²	ksi	Mpa	Kg/mm ²	ksi	Mpa
ASTM A 53/A 53 grado B	25 mín	35 mín	240 mín	42 mín	60 mín	415 mín
ASTM A 106/A 106 grado B	25 mín	35 mín	240 mín	42 mín	60 mín	415 mín
API 5L grado B	25 mín	35 mín	241 mín	42 mín	60 mín	414 mín

3.6.5 Dimensiones y Pesos Teóricos

Tabla 11. Dimensiones y Pesos Teóricos. Fuente (TUBISA, 2016)

Diámetro Nominal	Diámetro Exterior		Schedule N°	Espesor de Pared		Peso Teórico Kg/m	Presión de Prueba	
	pulgada	mm		pulgada	mm		libras/pulgada²	Kg/cm²
* 1/2"	0.840	21.3	40	0.109	2.770	1.270	700	49.20
			80	0.147	3.730	1.620	850	60.00
* 3/4"	1.050	26.7	40	0.113	2.870	1.690	700	49.20
			80	0.154	3.910	2.200	850	60.00

* Extremos planos
Extremos biselados, para diámetros $\geq 2"$

Tabla 12. Características Tubos SCH. Fuente(TUBISA, 2016)

Diámetro Nominal	Diámetro Exterior		Schedule N°	Espesor de Pared		Peso Teórico Kg/m	Presión de Prueba	
	pulgada	mm		pulgada	mm		libras/pulgada²	Kg/cm²
* 1"	1.315	33.4	40	0.133	3.380	2.500	700	49.20
			80	0.179	4.550	3.240	850	60.00
* 1 ¼"	1.660	42.2	40	0.140	3.560	3.390	1300	91.00
			80	0.191	4.850	4.470	1900	133.00
* 1 ½"	1.900	48.3	40	0.145	3.680	4.050	1300	91.00
			80	0.200	5.080	5.410	1900	133.00
2"	2.375	60.3	40	0.154	3.910	5.440	2500	175.00
			80	0.218	5.540	7.480	2500	175.00
2 ½"	2.875	73.0	40	0.203	5.160	8.630	2500	175.00
			80	0.276	7.010	11.410	2500	175.00
3"	3.500	88.9	40	0.216	5.490	11.290	2500	175.00
			80	0.300	7.620	15.270	2500	175.00
4"	4.500	114.3	40	0.237	6.020	16.070	2210	155.00
			80	0.337	8.560	22.320	2800	196.00
5"	5.563	141.3	40	0.258	6.550	21.770	1950	137.00
			80	0.375	9.520	30.940	2800	196.00
6"	6.625	168.3	40	0.280	7.110	28.260	1780	125.00
			80	0.432	10.970	42.560	2740	192.00
8"	8.625	219.1	40	0.322	8.180	42.550	1570	110.00
			80	0.500	12.700	64.640	2430	170.00
10"	10.750	273.0	40	0.365	9.270	60.290	1430	100.00
			80	0.594	15.090	95.970	2320	162.00
12"	12.750	323.8	40	0.406	10.310	79.700	1340	94.00
			80	0.688	17.480	132.040	2270	159.00
			STD S/C	0.375	9.520	73.880	1240	87.00
			STD ERW	0.375	9.520	73.880	1240	87.00

3.7 CABLES DE ACERO

3.7.1 Conformación

Un cable de acero se conforma mediante un conjunto de alambres de acero, retorcidos helicoidalmente, que constituyen una cuerda de metal apta para resistir esfuerzos de tracción con apropiadas cualidades de flexibilidad.

Los tres componentes básicos del diseño de un cable de acero normal son (ver Ilustración 4):

Los alambres que forman el cordón.

Los cordones.

El alma.

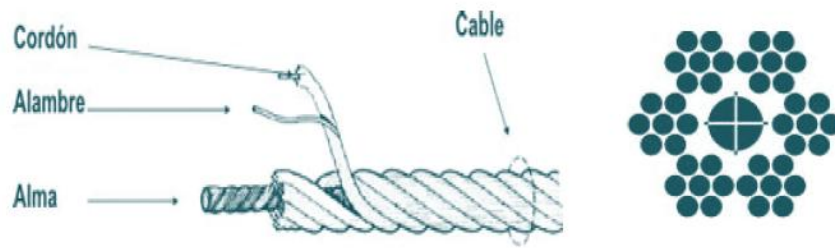


Ilustración 4. Características de los Cables de acero. Fuente (SERVICABLES, 2017)

3.7.2 Alma

La principal función del alma de los cables es proveer apoyo a los cordones. Gracias a ello el cable mantiene su sección circular y los cordones apropiadamente posicionados durante la operación.

La elección del material del alma del cable tendrá un efecto en la performance del mismo
Existen diferentes tipos de Alma

- Alma de fibras sintéticas (polipropileno)
- Alma de fibras naturales (sisal)
- Alma de acero de un cordón, hasta diámetro de 6 mm
- Alma de acero de cable independiente

3.7.3 Clasificación.

Los cables de acero se clasifican por el número de cordones y alambres que lo conforman
Dentro de cada clasificación hay diferentes tipos constructivos (ver Ilustración 5) o forma en que se arrollan los cordones sobre el alma. Estos son:

- Seale
- Worrington
- Filler
- Worrington Seale



Ilustración 5. Forma constructiva de los cables de acero. Fuente (SERVICABLES, 2017)

3.7.4 Terminación Superficial

La terminación superficial está relacionada con la resistencia a la corrosión. El cable puede ser: Galvanizado, apropiado para cables estáticos sometidos a la acción de un medio

agresivo como humedad, Lubricado, apropiado para la mayoría de las aplicaciones que combina propiedades anticorrosivas con lubricantes.

Cuando se aumenta la resistencia a la fatiga seleccionando un cable con más alambres, se disminuye resistencia a la abrasión debido al menor tamaño de los alambres exteriores (ver Ilustración 6 y Tabla 13).



Ilustración 6. Resistencia y Flexibilidad de los Cables. Fuente (SERVICABLES, 2017)

Tabla 13. Resistencia a la Rotura. Fuente(SERVICABLES, 2017)

TABLA DE RESISTENCIA A LA RUPTURA Y PESOS DE LOS CABLES MAS USUALES											
GALVANIZADO	TONINA		BARRACUDA		ANGULA		MERLUZA		ELEFANTE		ELEVADOR
NEGRO	COBRA		BOA		SUPERFLEX		CASCABEL		ELEFANTE		ELEVADOR
CLASIFICACION	6X19		6X19		6X36		6 X 36		19X7		8X19 - 8X25
	ARADO EXTRAMEJORADO		ARADO EXTRAMEJORADO		ARADO EXTRAMEJORADO		ARADO EXTRAMEJORADO		ARADO EXTRAMEJORADO		ARADO EXTRAMEJORADO
ALMA	FIBRA		ACERO		FIBRA		ACERO		ACERO		FIBRA
DIAMETRO	RESISTENCIA A LA RUPTURA / TONS. METRICAS	PESO KG / ML	RESISTENCIA A LA RUPTURA / TONS. METRICAS	PESO KG / ML	RESISTENCIA A LA RUPTURA / TONS. METRICAS	PESO KG / ML	RESISTENCIA A LA RUPTURA / TONS. METRICAS	PESO KG / ML	RESISTENCIA A LA RUPTURA / TONS. METRICAS	PESO KG / ML	RESISTENCIA A LA RUPTURA / TONS. METRICAS
1/8"											
3/16"											
1/4"	2.7	0.16	3.1	0.18	2.7	0.16	3.1	0.18			
5/16"	4.3	0.24	4.8	0.27	4.3	0.24	4.8	0.27			2.86
3/8"	6.1	0.36	6.9	0.39	6.1	0.36	6.9	0.39	6.25	0.4	4.48
7/16"	8.3	0.48	9.2	0.52	8.3	0.48	9.2	0.52	8.46	0.55	5.42
1/2"	10.7	0.63	12.1	0.68	10.7	0.63	12.1	0.68	9.8	0.67	7.57
9/16"	13.5	0.79	15.2	0.88	13.5	0.79	15.2	0.88	12.3	0.86	11.5
5/8"	16.6	0.98	18.7	1.07	16.6	0.98	18.7	1.07	15.2	1.06	16.2
3/4"	23.8	1.41	26.7	1.55	23.8	1.41	26.7	1.55	21.8	1.52	24.4
7/8"	32.1	1.92	36.1	2.11	32.1	1.92	36.1	2.11	29.5	2.07	33.9
1"	41.7	2.5	46.9	2.75	41.7	2.5	46.9	2.75	38.3	2.71	43.7
1-1/8"	52.4	3.17	59	3.48	52.4	3.17	59	3.48	48.2	3.42	54.8
1-1/4"	64.5	3.91	72.5	4.3	64.5	3.91	72.5	4.3	59.1	4.23	67.1
1-3/8"	77.6	4.73	87.1	5.21	77.6	4.73	87.1	5.21	71.1	5.1	80.1
1-1/2"	91.6	5.63	103	6.19	91.6	5.63	103	6.19	84.2	6.07	95.1
1-5/8"	107	6.61	120	7.26	107	6.61	120	7.26			
1-3/4"	124	7.66	139	8.44	124	7.66	139	8.44			
1-7/8"	142	8.8	158	9.67	142	8.8	158	9.67			
2"	160	10	180	11	160	10	180	11			
2-1/8"	179	11.3	200	12.4	179	11.3	200	12.4			
2-1/4"	200	12.7	224	13.9	200	12.7	224	13.9			
2-3/8"			249	15.5	208	14.1	249	15.5			
2-1/2"	221	15.6	274	17.3	221	15.6	274	17.3			

3.8 Polietileno de Alta densidad

Para la elaboración de las paletas se selecciona un material con al resistencia a la fricción y que minimice la posible generación de chispa debido al tipo de material que vamos a transportar y al material de la tubería, por este motivo se selecciona el polietileno de alta densidad.

3.8.1 Característica

Mejor resistencia al desgaste que el polietileno de alto peso molecular. Buena resistencia al impacto incluso a bajas temperaturas. Bajo coeficiente de fricción. Resistencia a la abrasión. Fisiológica-mente inerte. Liviano e irrompible. Resistente a las bajas temperaturas (ver Tabla 14). Muy baja absorción de agua. Aprobado por FDA para contacto con alimentos. Resistente a agentes químicos corrosivos como ser ácido sulfúrico, etc.(BOMALPRES, 2017)

Tabla 14. Propiedad Polietileno de Alta Densidad, Fuente (BOMALPRES, 2017)

PRUEBAS	PROPIEDADES	
TÉRMICAS	RANGO DE TEMPERATURA DE TRABAJO	80° C +/-100° C
	PUNTO DE FUSION (C°)	133
	CONDUCCION TERMICA (W/M.K.)	0,4
	EXPASION TERMICA LINEAL (105)	15
	TEMPERATURA DE USO CONTINUO (C°)	40/80
FÍSICAS	DENSIDAD (G/CM3)	0,93
	CALOR ESPECIFICO (CAL/C°)	0,48
	ABSORCION DE AGUA %	0
MECANICAS	RESISTENCIA A LA TRACCION (Mpa)	30
	ESTIRAMIENTO EN LA RUPTURA (%)	350
	MODULO DE ELASTICIDAD DE TRACCION (Mpa)	800
	MODULO DE ELASTICIDAD DE FLEXION (Mpa)	1000
	RESISTENCIA AL IMPACTO IZOD (J/m)	NO SE ROMPE
	DUREZA ROCKWELL	NO SE ROMPE
	COEF. DE ROZAMIENTO DE DESLICE P=0.05N/mm2	R70 0.15
	RESISTENCIA A ACIDOS FUERTES	ATACADOS EN ALTAS CONCENTRACIÓN
	RESISTENCIA A BASES DEBILES	EXCELENTE
	RESISTENCIA A BASES FUERTES	RESISTENTES A VARIOS SOLVENTES A TEMPERATURA Y CONCENTRACIÓN
QUIMICAS	RESISTENCIA A BASES FUERTES	
	RESISTENCIA A SOLVENTES ORGANICOS	
	(ohm/cm) RESISTENCIA A ACIDOS DEBILES	
	RELACION DE INFLAMABILIDAD	EXCELENTE
	RIGIDEZ DIELECTRICA (KV/mm)	Vo
ELÉCTRICA	CONSTANTE DIELECTRICA HASTA 1 KHZ	90
	FACTOR DE DISIPACION HASTA 1KHZ	2,3
	RESISTIVIDAD VOLUMETRICA	0.32 1018

3.9 La fuerza normal

La fuerza normal, reacción del plano o fuerza que ejerce el plano sobre el bloque depende del peso del bloque, la inclinación del plano y de otras fuerzas que se ejerzan sobre el bloque tal como vamos a ver en estos ejemplos (ver Ilustración 7).

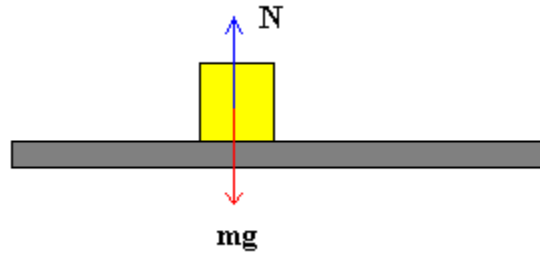


Ilustración 7. Diagrama de Fuerzas. Fuente (Serway, 1992)

Supongamos que un bloque de masa m está en reposo sobre una superficie horizontal, las únicas fuerzas que actúan sobre él son el peso mg y la fuerza normal N . De las condiciones de equilibrio se obtiene que la fuerza normal N es igual al peso mg

(23)

$$N=mg$$

Si ahora, el plano está inclinado un ángulo θ , el bloque está en equilibrio en sentido perpendicular al plano inclinado por lo que la fuerza normal N es igual a la componente del peso perpendicular al plano (ver Ilustración 8),

(24)

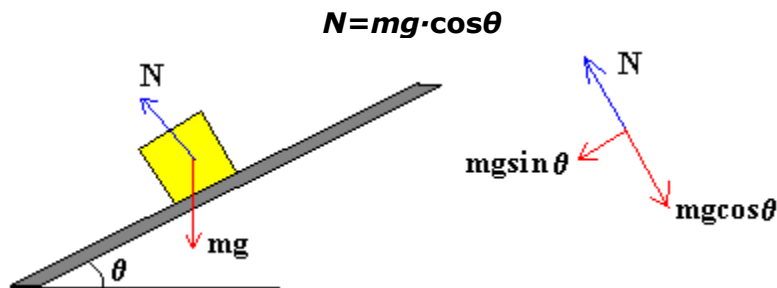


Ilustración 8. Diagrama de Fuerzas plano inclinado. Fuente (Serway, 1992)

Consideremos de nuevo el bloque sobre la superficie horizontal. Si además atamos una cuerda al bloque que forme un ángulo θ con la horizontal, la fuerza normal deja de ser igual al peso. La condición de equilibrio en la dirección perpendicular al plano establece (ver Ilustración 10).

(25)

$$N+F\cdot\sin\theta =mg$$

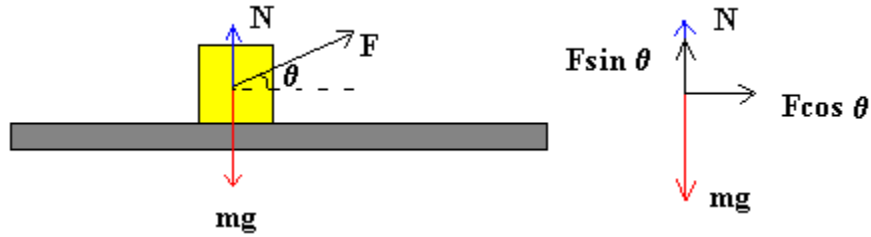


Ilustración 9. Diagrama de Fuerzas. Fuente (Serway, 1992)

3.10 El bloque se mueve

En la figura, se muestra un bloque arrastrado por una fuerza F horizontal. Sobre el bloque actúan el peso mg , la fuerza normal N que es igual al peso y la fuerza de rozamiento F_k entre el bloque y el plano sobre el cual desliza. Si el bloque desliza con velocidad constante la fuerza aplicada F será igual a la fuerza de rozamiento F_k . (ver Ilustración 10)

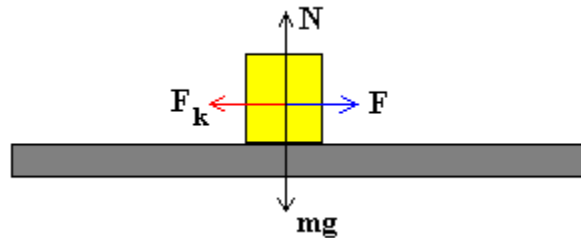


Ilustración 10. Diagrama de Fuerzas bloque en movimiento. Fuente (Serway, 1992)

Investigaremos la dependencia de F_k con la fuerza normal N . Veremos que si duplicamos la masa m del bloque que desliza colocando encima de éste otro igual, la fuerza normal N se duplica, la fuerza F con la que tiramos del bloque se duplica y por tanto, F_k se duplica. La fuerza de rozamiento F_k es proporcional a la fuerza normal N .

(26)

$$F_k = \mu_k N$$

La constante de proporcionalidad μ_k es un número sin dimensiones que se denomina coeficiente cinético de rozamiento.

El valor de μ_k es casi independiente del valor de la velocidad para velocidades relativas pequeñas entre las superficies y decrece lentamente cuando el valor de la velocidad aumenta.

3.11 El bloque está en reposo

También existe una fuerza de rozamiento entre dos objetos que no están en movimiento relativo (ver Ilustración 11).

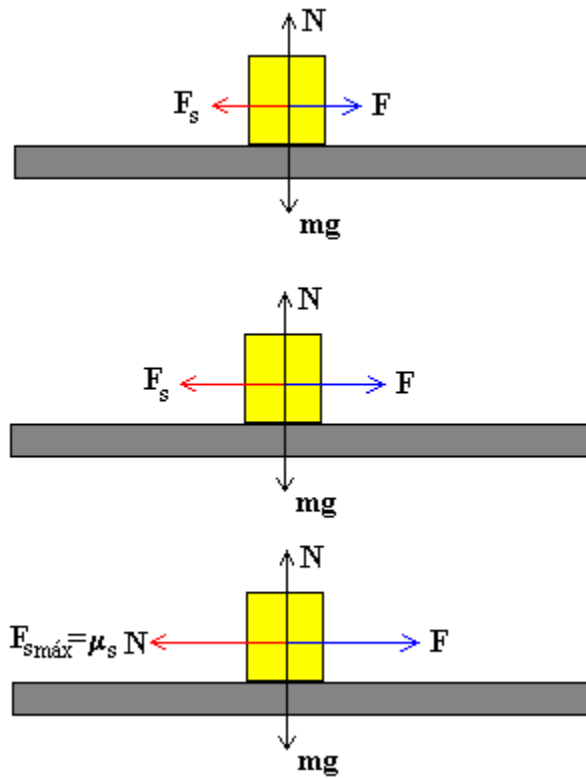


Ilustración 11. Diagrama de Fuerzas para cuerpo en reposo. Fuente (Serway, 1992)

Como vemos en la figura, la fuerza F aplicada sobre el bloque aumenta gradualmente, pero el bloque permanece en reposo. Como la aceleración es cero la fuerza aplicada es igual y opuesta a la fuerza de rozamiento F_s .

(27)

$$F = F_s$$

La máxima fuerza de rozamiento se produce en el momento en el que el bloque comienza a deslizar.

(28)

$$F_{s\text{ máx}} = \mu_s N$$

La constante de proporcionalidad μ_s se denomina coeficiente estático.

Los coeficientes estático y cinético (ver Tabla 15) dependen de las condiciones de preparación y de la naturaleza de las dos superficies y son casi independientes del área de la superficie de contacto. (Serway, 1992)

Tabla 15. Coeficientes Estáticos y Cinemáticas, fuente (Serway, 1992)

Superficies en contacto	μ_s	μ_k
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Caucho sobre concreto	1.0	0.8
Madera sobre madera	0.25-0.5	0.2
Madera encerada sobre nieve húmeda	0.14	0.1
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Articulaciones sinoviales en humanos	0.01	0.003

CAPITULO II: PLANIFICACION DEL DISEÑO

En este capítulo se presenta la planificación del proyecto identificada en el fluxograma de la ilustración 12, el cual nos permitió definir las entradas y salidas, garantizando un orden cronológico para el desarrollo del diseño.

4 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.

El siguiente fluxograma (ver Ilustración 12) nos permitió hacer una descripción de las etapas generales del diseño y del orden en que se desarrolló el proyecto, este esquema se usó en el diseño del sistema de transporte de carbón de paletas de 1tn/hr. En él se describe las entradas a cada una de las actividades que definen el proceso de diseño y los indicadores de cumplimiento de cada uno de los objetivos definidos mediante la integración de los resultados de las actividades de diseño.

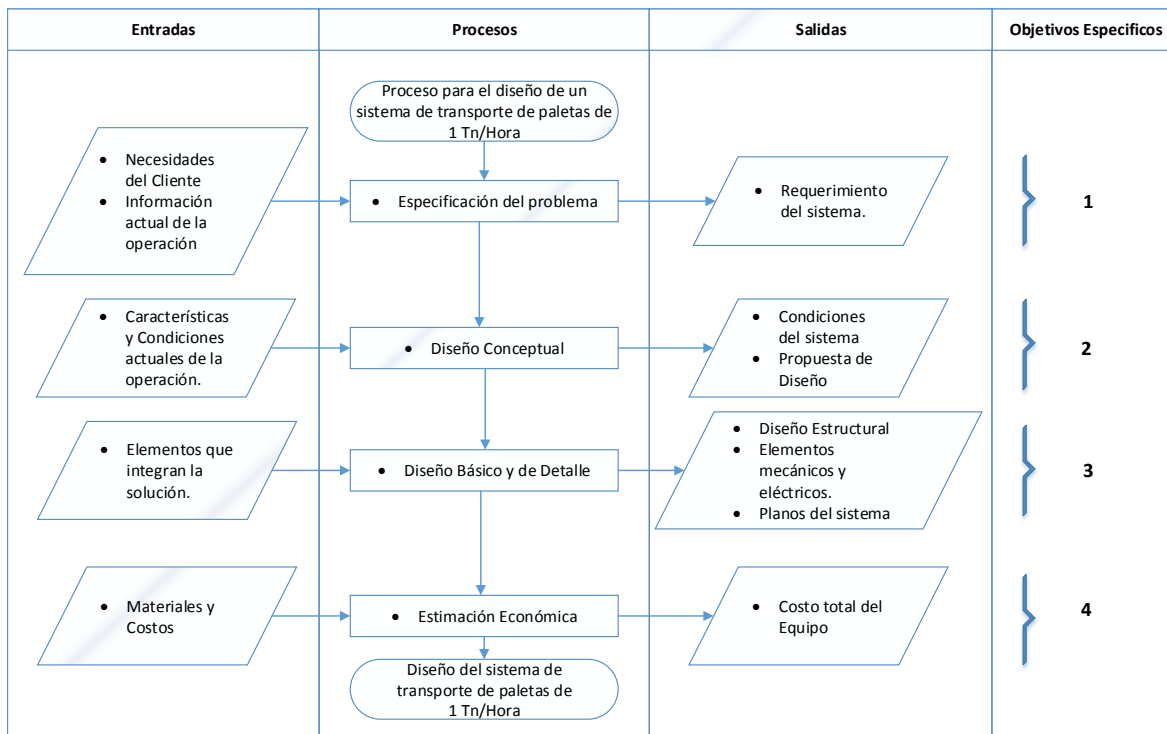


Ilustración 12. Fluxograma del proceso. Fuente Autor.

4.1 Especificación del problema

El desarrollo de este proyecto inicio con la interacción con el cliente, donde se busca conocer el proceso actual de la alimentación del carbón a los sistemas de Carbojet de los hornos en la industria ladrillera, realizando visitas a la planta para el levantamiento de

información del área de trabajo donde se realizara el proyecto. Adicionalmente, fueron realizadas entrevistas a los operarios del área. Esto procurando identificar claramente las expectativas del cliente y personal operativo.

4.2 Ingeniería conceptual.

En esta etapa se definieron las especificaciones y/o requerimientos de operación del sistema establecidos por el cliente. Con base a la información obtenida se establecieron tres alternativas para la solución las cuales fueron evaluadas en una matriz de decisión, teniendo como aspectos relevantes el costo, diseño, mantenimiento, medio ambiente y seguridad.

4.3 Ingeniería básica.

En esta etapa se definieron los componentes y parámetros de operación para las características y requerimientos establecidos. Adicionalmente, se realizaron los cálculos necesarios para determinar las diferentes propiedades físicas y mecánicas buscando garantizar las necesidades del cliente. De igual manera se realizó un análisis dimensional y de velocidad del equipo.

Teniendo en cuenta las características de la arquitectura de la solución fueron evaluados los componentes críticos en operación usando un modelo de elementos finitos (MEF). Finalmente se elaboraron las especificaciones de los diferentes componentes del equipo.

4.4 Estimación de costos.

En esta etapa se realizó la estimación del costo de la propuesta donde se especificaron el estimado económico de los diferentes componentes del equipo, instalación, gastos administrativos, técnicos y de ingeniería procurando establecer la viabilidad económica del proyecto.

CAPITULO III: REQUISITOS DE DISEÑO

En este capítulo se presentan los resultados del análisis del problema y las necesidades del cliente procurando definir el contexto y que permitió la definición de los requisitos.

5 ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA

En esta etapa se realizaron varias visitas a la compañía para establecer las necesidades del cliente y poder interactuar con el personal operativo con la finalidad de tener una propuesta para el desarrollo de proyecto que cumpla con las expectativas requeridas.

5.1 Resultados de la Visita

En el momento de una visita, el Horno No 1 se encontraba inoperante debido a un descarrilamiento por la acumulación de ceniza en los rieles de los vagones. En esta experiencia se pudo constatar las dificultades de mantenimiento de este tipo de equipos, por ejemplo, el enfriamiento del horno requiere aproximadamente tres días hasta alcanzar una temperatura ambiente. Adicionalmente, se debe tener precaución en la precarga de unos tensores mecánicos a fin de evitar el colapso de la estructura del horno (ver Ilustración 13 y Ilustración 134).



Ilustración 13. Interior Horno Túnel. Fuente Autor



Ilustración 14. Salida Horno Túnel, fuente Autor.

5.2 Carbojet o Quemadores de Carbón

El carbojet o Quemadores de Carbón son equipos que permiten la dosificación de carbón pulverizado el cual es mezclado con aire para garantizar una correcta combustión del carbón sin generar pérdidas o que este se vaya al medio ambiente. En la visita técnica se constató que actualmente el sistema dispone de 12 quemadores, 6 unidades en cada horno (ver Ilustración 15).



Ilustración 15. Quemador Tecnober SAS, Fuente (Bernini)

Cada carbojet cuenta con 8 salidas de carbón que van conectados a las toberas (Tubo en acero inoxidable 306 que finaliza en la punta en forma embudo) por las ingresa el carbón al Horno.

5.3 Suministro de Carbón a los Hornos

El carbón es suministrado por el proveedor en formato de sacos de 50 kg, los cuales son depositados en las zonas de almacenamiento de la compañía. Posteriormente, estos son trasladados a la parte superior del Horno por medio de una montacarga la cual deja el material en una zona de almacenamiento provisional (ver Ilustración 16).



Ilustración 16. Zona de acopio de Carbón Parte Superior Hornos, Fuente Autor.

Luego, el material es tomado por los auxiliares quienes lo deben depositar en los carbojet a medida que estos requieran. Las distancias recorridas van desde los 3mts a 18mts y para esta labor la compañía tiene establecido que debe ser realizada por dos personas, pero los auxiliares lo realizan de manera individual buscando dar celeridad al proceso y tener mayor tiempo de descanso (ver Ilustración 17y Ilustración 178).



Ilustración 17. Alimentación manual, fuente Autor.



Ilustración 18. Carbojet 2 Horno No 1 fuente Autor.

5.3.1 Consumo de Carbón

El consumo de carbón es registrado por el operario en unos formatos diseñados por la compañía la cual se muestra en las Tabla 16 y Tabla 17:

Tabla 16, Consumos de Carbón Horno No 1. Fuente Autor

VELOCIDAD HORNO 1	42
----------------------	----

HORNO No 1	Carbojet 1	Carbojet 2	Carbojet 3	Carbojet 4	Carbojet 5	Carbojet 6	Total Bulto por Turno	Total Kg Turno 12 Horas
Bultos Turno 6am - 6pm	20	18	5	13	11	3	70	4480
Bultos Turno 6pm - 6am	20	15	5	12	12	9	73	4672
Total Bultos Día	40	33	10	25	23	12	143	9152
Kg de Carbon Consumidos Día	2560	2112	640	1600	1472	768	9152	
Porcentaje de Carbon por Carbojet	28%	23%	7%	17%	16%	8%		
Kg/min	1,8	1,5	0,4	1,1	1,0	0,5		

Tabla 17. Consumo de Carbón Horno No 2, Fuente Autor

VELOCIDAD HORNO 2	33							
HORNO No 2	Carbojet 1	Carbojet 2	Carbojet 3	Carbojet 4	Carbojet 5	Carbojet 6	Total Bulto por Turno	Total Kg Turno 12 Horas
Bultos Turno 6am - 6pm	20	2	1	7	10	10	50	3200
Bultos Turno 6pm - 6am	20	4	4	8	8	9	53	3392
Total Bultos	40	6	5	15	18	19	103	6592
Kg de Carbon Consumidos Dia	2560	384	320	960	1152	1216	6592	
Porcentaje de Carbon por Carbojet	28%	4%	3%	10%	13%	13%		

Con esta información nos da que el consumo es de 656 Kg/hora, el cliente plantea que el sistema sea capaz de entregar 1000Kg/hora debido a que los hornos pueden incrementar su velocidad lo implicaría mayor consumo de carbón.

5.4 Medio Ambiente y Seguridad en el Trabajo

El peso máximo recomendado en trabajos habituales de manipulación de cargas es de 25 kg. En trabajos esporádicos de manipulación de cargas, el peso permitido puede llegar hasta los 40 kg. Según lo expresado por los trabajadores el transporte lo realizan de manera individual, algo que genera constantes incapacidades por lumbagos en la compañía. Adicionalmente, para el corte de los bultos con carbón la empresa suministra tijeras de puntas redondas pero el personal utiliza herramientas caseras como platinas con filos que exponen al personal a accidentes laborales como cortes en las manos.

Otro inconveniente que genera contaminación y pérdidas económicas para la compañía es el desperdicio durante el transporte manual ocasionado por cortes en el empaque del carbón.

5.5 Requerimientos del Cliente

A continuación se presenta un sumario de los requerimientos solicitados por la compañía productora de ladrillo, entrevistas y visitas de campo, ver Tabla 18 y Tabla 19:

Tabla 18. Requerimientos del Cliente, Fuente Autor

Descripción	Especificación
Material	Carbón Mineral con densidad de 0,86g/cm ³
Dosificación Solicitada	1 Tn / Hora
Velocidad del Sistema	La recomendada
Mantenimiento	Piezas de fácil montaje y desmontaje
Peso del Equipo	No superar las 3 Tn por Horno
Emisión de partículas de carbón	Minimizar la emisión de partículas al medio ambiente
Operación	El sistema debe permitir la operación automática
Costos	Sistema de buena calidad y bajo costos
Seguridad	Los equipos deben tener guardas o sistemas de protección

Tabla 19, Requerimientos adicionales. Fuente Autor

Descripción	Especificación
Longitud Total	83,6 mts
Capacidad de la Tolva de los Carbojet	128 Kg
Distancia media entre las Tolvas de los Carbojet	1,8 mts
Altura máxima del sistema de transporte	2,1 mts
Ubicación Tolva Principal	Horno 2

En términos generales, el diseño estuvo orientado a la realización de estructuras y componente de fácil ensamble y desmonte que evidencie la seguridad de los trabajadores. Además de las necesidades de producción se debe de minimizar la producción de partículas volátiles y los derrames de material en las zonas de la compañía para disminuir la contaminación del medio ambiente.

CAPITULO IV: DISEÑO CONCEPTUAL

En este capítulo se presentan los resultados que permitieron definir las características conceptuales de la solución entre dos alternativas.

6 Diseño Conceptual

6.1 Representación Actual

En la siguiente figura se observa la posición de los dos hornos y la distribución de los 6 carbojets, los cuales se encuentran identificados con las letras C1 a C6 en cada horno, (ver Ilustración 19).

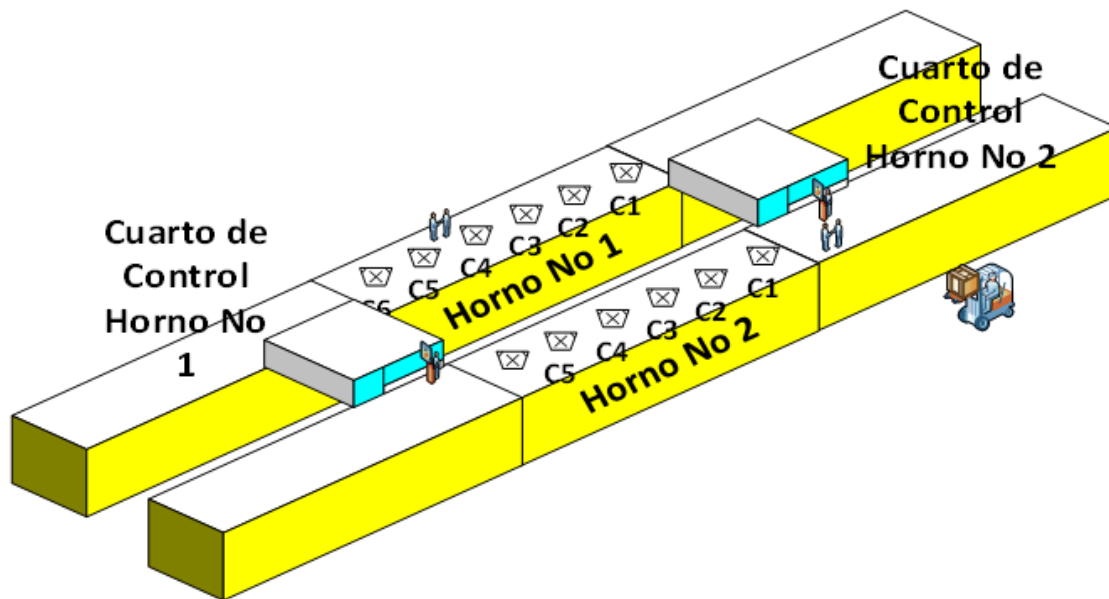


Ilustración 19. Posición actual de los carbojets, fuente Autor.

6.2 Definición de la Arquitectura del Sistema

Para la representación de la arquitectura se empleó la herramienta IDEF0 la cual es una técnica de modelación concebida para representar de manera estructurada y jerárquica las actividades que conforman un sistema, y los objetos o datos que soportan la interacción de esas actividades.

Un modelo IDEF0 se compone de una serie jerárquicas de diagramas que permiten mediante niveles de detalle, describir las funciones especificadas en el nivel superior. En las vistas superiores del modelo la interacción entre las actividades representadas permite visualizar los procesos fundamentales que sustentan la organización. Los elementos gráficos utilizados para la construcción de los diagramas IDEF0 son cuadros y flechas.(Alvarez Romero & Pueyo, 2017)

9-En la Ilustración 20, se muestra la representación general del sistema la cual nos va a permitir realizar las propuestas de diseño que cumplan con la arquitectura planteada.

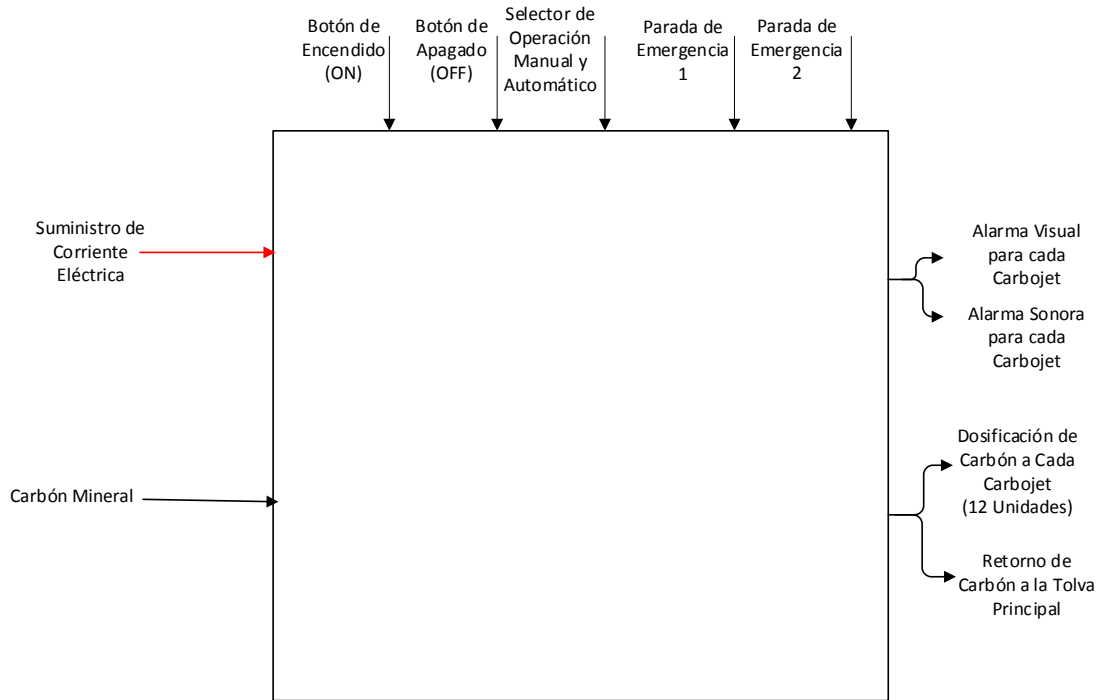


Ilustración 20. Representación General Sistema de Transporte de Carbón, Fuente Autor

En la Ilustración 20 se representa de manera general el sistema de transporte de Carbón, en el lado izquierdo las entradas necesarias para el sistema, en este caso son:

- Suministro de energía.
- Material a transportar (Carbón Mineral).

Del lado derecho se encuentran las salidas del sistema, las cuales son:

- Alarma Visual y Sonora: la cual indica el bajo nivel de carbón de la tolva del carbojet
- Dosificación de Carbón: Entrega de carbón a cada una de las tolvas de los carbojet del sistema
- Retorno de Carbón: Transporta el carbón sobrante a la tolva principal

En la parte superior se encuentran las condiciones de control que configuran al sistema para producir las salidas descritas. En este caso, estas condiciones son:

- Pulsador ON (encender sistema).
- Pulsador OFF (apagar sistema).

- Selector de Posición Manual o Automático.
- Parada de Emergencia 1 (ubicada en el Horno No 1).
- Parada de Emergencia 2 (ubicada en el Horno No 2).

6.3 Propuestas de Diseño

Las siguientes propuestas están basadas en los requerimientos del cliente buscando garantizar la continuidad y la operación automática del sistema. Los sistemas propuestos consiste en el transporte de carbón por medio de una cadena con paletas en forma de arandela, las cuales son las que trasladan el material a través de una tubería la cual no permite la fuga o escape de material particulado al medio ambiente, el sistema de transmisión será diseñado por medio de un piñón motriz acoplado a un moto-reductor, una rueda libre y una rueda tensora la cual permitirá en caso de falla que el sistema se detenga y no cause daños

Propuesta No 1: Sistema de Transporte de Paletas para cada Horno

Como primera alternativa se presenta dos sistemas de transporte de paletas independientes para dosificación de los carbojet de cada horno buscando la posibilidad que si el sistema llegue a fallar solo afecte un solo horno y la dosificación del horno afectado se deberá realizar manual. Esta propuesta requeriría de 2 personas por turno y un total de 6 auxiliares para las 24 Horas, dos sistemas de transmisión y dos tolvas de cargue (ver Ilustración 21).

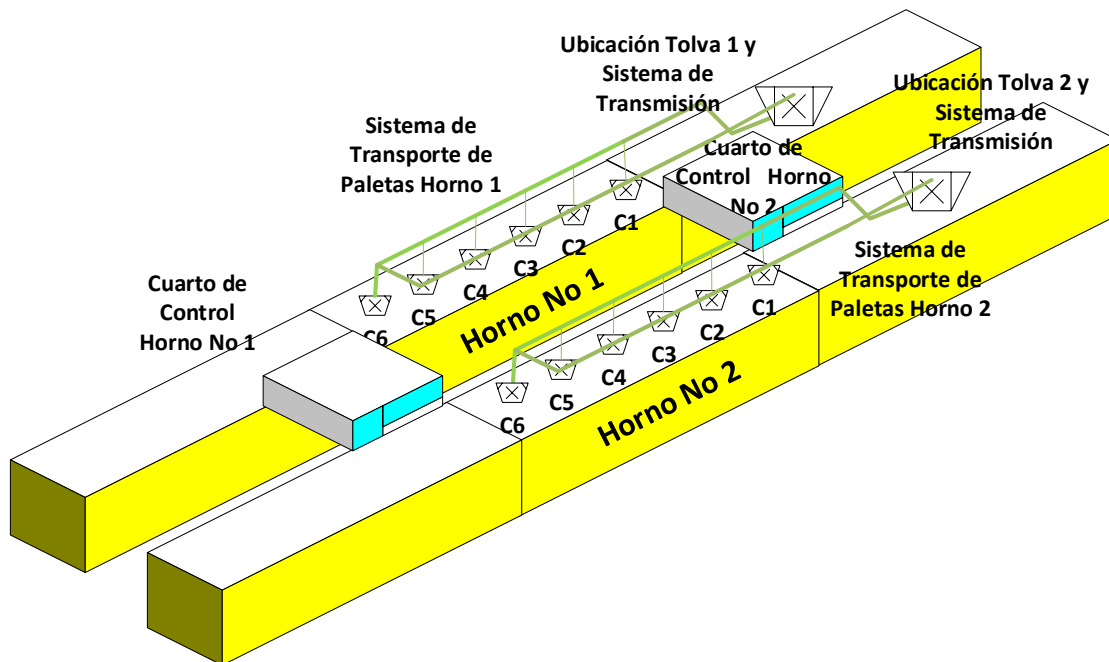


Ilustración 21. Sistema de Transporte de Paletas para cada Horno. Fuente Autor

Propuesta No 2: Sistema de Transporte de Paletas para ambos hornos

Con esta propuesta se busca la operación automática del sistema de transporte de paletas para los dos hornos permitiendo utilizar un solo sistema de transmisión y operación lo que implica que solo se requiere una persona por turno (3 por día), reduciendo los costos de operación. (ver Ilustración 22)

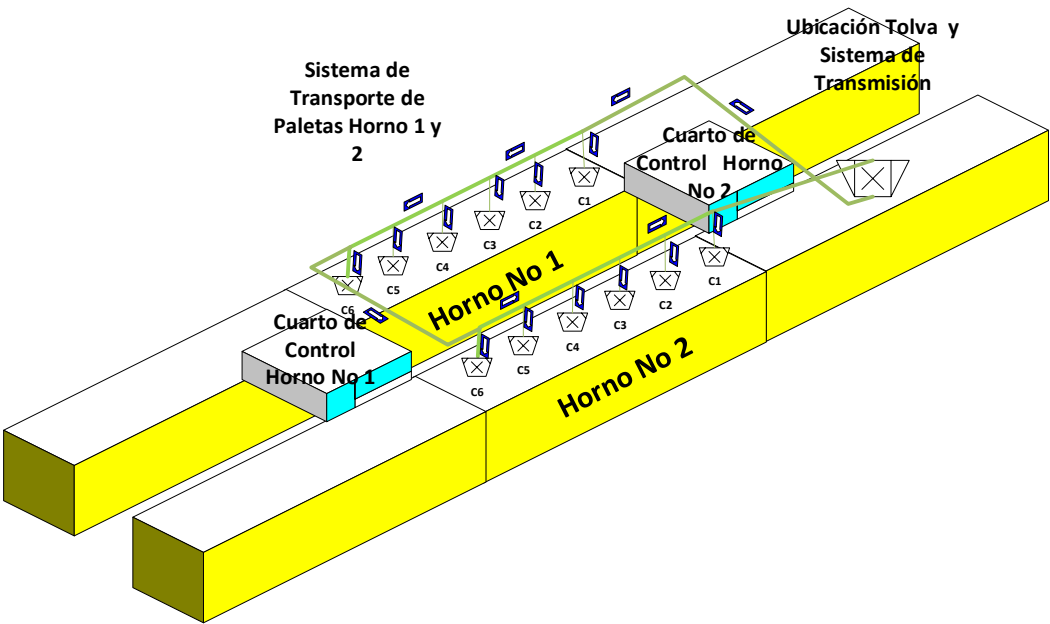


Ilustración 22. Sistema de transporte de paletas para los dos Hornos. Fuente Autor

6.4 Selección de Propuesta

Para la selección de una propuesta se generó una matriz de decisión de acuerdo a tres conceptos: costos, diseño y seguridad y medio ambiente, ver Tabla 20:

Tabla 20. Necesidades del Cliente, Fuente Autor.

Necesidades		Descripción
COSTOS	Costo del Sistema	El sistema de cumplir con las requerimientos técnicos y calidad en los materiales.

	Costo de Mantenimientos	Las intervenciones del equipo podrán ser realizadas por el personal de mantenimiento de la compañía
	Adquisición de repuestos	Los componentes y/o piezas de recambio deben ser de fácil consecución.
DISEÑO	Sistema con peso inferior a 4 Tn	Debido a que el sistema va sobre la losa de los hornos su peso no debe superar las 4 Tn
	Transporte mínimo de 1Tn/Hora	Entrega de carbón mínima de 1Tn/hora
SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	Seguridad del Sistema	Cumpla con todos los estándares de seguridad
	Instalación	Las intervenciones del equipo podrán ser realizadas por el personal de mantenimiento de la compañía sin estar expuestos a ningún tipo de riesgo
	Emisiones de Ruido	Las emisiones de ruido deben ser bajas
	Emisiones Carbón en el proceso	Las emisiones de carbón resultante del proceso de transporte deben ser mínimas.

Matriz Decisión por Costos

Para la evaluación de los costos se tendrán en cuenta:

Costo de Materiales: Cantidad de componentes requeridos para el correcto funcionamiento del equipo.

Costo de Montaje: Depende directamente del tamaño del sistema y la cantidad de sus componentes, debido a que esta labor se realizara en la parte superior de un horno se requerirá que todo el personal esté capacitado en alturas.

Costos de Operación: Este costo dependerá directamente de la cantidad de personal que requiere el sistema de transporte de paletas para su funcionamiento.

El resultado de la evaluación se expresa en la Tabla 21.

Tabla 21. Evaluación de Peso para las necesidades de costos, Fuente Autor

Necesidades		COSTOS	DISEÑO	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	PESO
COSTOS	Costo del Sistema	3	3	1	2,3%
	Costo de Mantenimientos	3	3	1	2,3%
	Operación	3	3	1	2,3%

	Adquisición de repuestos	3	3	1	2,3%
	Montaje	3	3	3	3,0%
Se evaluar según su Importancia de la siguiente manera: 1 -Baja 2- Media 3- Alta					

Con los resultados que se obtienen en la Tabla 21 se procedió a evaluar las propuestas del sistema en la Tabla 22

Tabla 22. Matriz de Decisión de Costos, Fuente Autor

Necesidades		Peso	Propuesta 1	Propuesta 2
COSTOS	Costo del Sistema	2,3%	1	2
	Costo de Mantenimientos	2,3%	1	2
	Operación	2,3%	1	2
	Adquisición de repuestos	2,3%	2	2
	Montaje	3,0%	2	2
		TOTAL	0,18	0,25
Se evalúa según su Costo de la siguiente manera: 1 -Regular 2- Aceptable 3-Bueno				

Al analizar los resultados observamos que la Propuesta 2 es la más viable con respecto al costo, debido a que la propuesta 1 la constituye dos sistemas independientes que demandan sus respectivos sistemas de transmisión, tolva de almacenamiento y sistema de retorno.

Matriz de Decisión por Diseño

Evaluamos la importancia de cada una de las necesidades de diseño (ver Tabla 23)

Tabla 23. Evaluación de Peso para las necesidades de Diseño, Fuente Autor

Necesidades		COSTOS	DISEÑO	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	PESO
DISEÑO	Sistema con peso inferior a 4 Tn	1	3	3	2,3%
	Facilidad para la ejecución de los Mantenimientos	1	3	2	2,0%
	Transporte mínimo de 1Tn/Hora	1	3	1	1,7%
Se evalúa según su Importancia de la siguiente manera: 1 -Baja 2- Media 3- Alta					

Con los resultados que se obtienen en la Tabla 23 se procedió a evaluar las propuestas del sistema en la Tabla 24.

Tabla 24. Matriz de Decisión de Diseño, Fuente Autor

Necesidades		Peso	Propuesta 1	Propuesta 2
DISEÑO	Sistema con peso inferior a 4 Tn	2,3%	3	2
	Facilidad para la ejecución de los Mantenimientos	2,0%	3	3
	Transporte mínimo de 1Tn/Hora	1,7%	3	3
		TOTAL	0,18	0,16
Se evalúa según su nivel de cumplimiento de la siguiente manera: 1 -Regular 2- Aceptable 3-Bueno				

Al analizar el resultado vemos que la propuesta No 1 es la más viable debido a que permite tener la posibilidad de intervención por separado sin necesidad de parar la operación de los dos hornos, de igual manera el transporte de carbón podrá superar con facilidad la necesidad del cliente.

Matriz de Decisión de Seguridad y Medio Ambiente

En la evaluación de esta matriz se tendrán en cuenta los siguientes factores adicionales a las necesidades del cliente:

Accidentabilidad: este factor hace referencia a posibles accidentes laborales por manejo de cargas, atrapamientos, contusiones, cortes que se venían presentando en la manera de operación manual.

Evaluamos la importancia de cada una de las necesidades de Seguridad y Medio Ambiente en la Tabla 25

Tabla 25. Evaluación de Peso de Necesidades de Seguridad y Medio Ambiente, Fuente Autor.

Necesidades		COSTOS	DISEÑO	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	PESO
SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	Seguridad del Sistema	1	3	3	2,3%
	Facilidad de Instalación	1	2	3	2,0%
	Accidentabilidad	1	3	3	2,3%
	Emisiones de Ruido	1	2	3	2,0%
	Emisiones Carbón en el proceso	1	2	3	2,0%
Se evalúa según su Importancia de la siguiente manera: 1 -Baja 2- Media 3- Alta					

Con los resultados que se obtienen en la Tabla 25 se procedió a evaluar las propuestas del sistema en la Tabla 26

Tabla 26. Matriz de Decisión de Seguridad y Medio Ambiente, Fuente Autor.

Necesidades		Peso	Propuesta 1	Propuesta 2
SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	Seguridad del Sistema	2,3%	3	3
	Facilidad de Instalación	2,0%	2	2
	Accidentabilidad	2,3%	2	3
	Emisiones de Ruido	2,0%	2	3
	Emisiones Carbón en el proceso	2,0%	2	2
		TOTAL	0,24	0,28
Se evalúa según su nivel de cumplimiento de la siguiente manera: 1 -Regular 2- Aceptable 3-Bueno				

Al analizar los resultados podemos evidenciar que la Propuesta No 2 es la más viable por el impacto de la emisión de ruido que va a ser menor y la probabilidad de accidentes va a disminuir al contar con menos elementos en movimiento como transmisiones.

Selección de Propuesta

Después de realizadas las matriz de decisiones para las necesidades del cliente recopilamos la información en una matriz de decisión definitiva (ver Tabla 27) la cual nos permitirá seleccionar la mejor propuesta.

Tabla 27. Matriz de decisión definitiva, Fuente Autor.

NECESIDAD	Propuesta 1	Propuesta 2
Costos	0,18	0,25
Diseño	0,18	0,16
Seguridad y Medio Ambiente	0,24	0,26
TOTAL	0,59	0,66

Al analizar los resultados se puede concluir que la propuesta No 2 es la más viable según los parámetros de selección considerados.

En la Ilustración 23 se muestra un esquema IDEF0 más detallado donde se ven los aspectos técnicos que conforman el sistema automático de transporte de carbón de 1tn/hora.

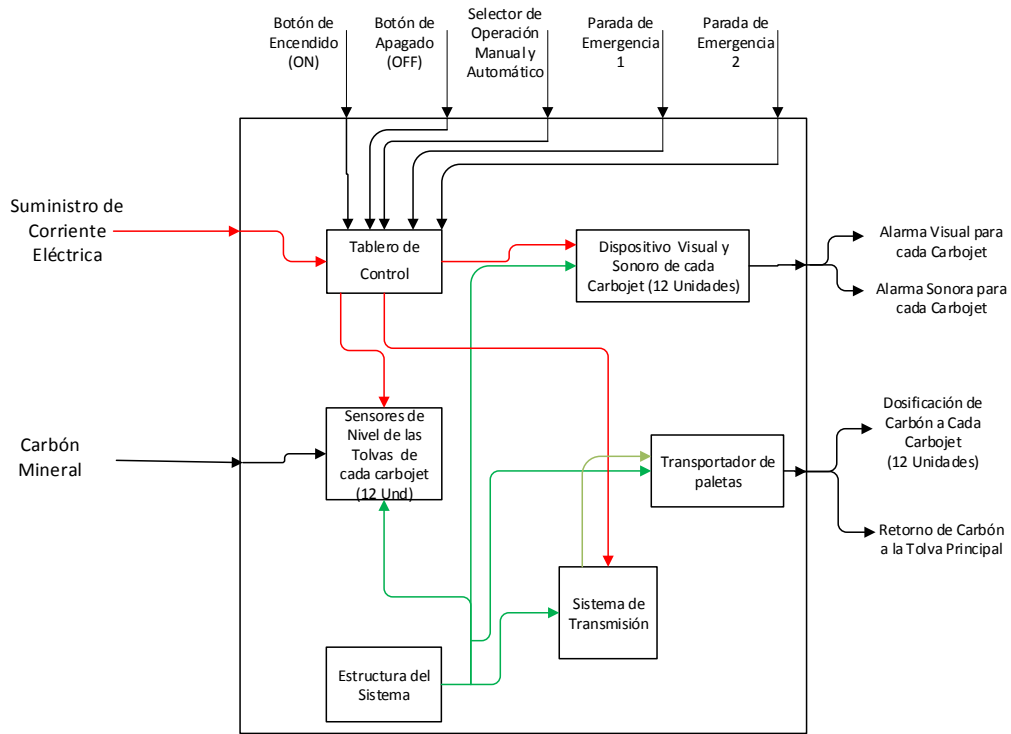


Ilustración 23. Representación detallada del sistema automático de transporte de Carbón de 1Tn/Hora , fuente Autor

El sistema automático de transporte de Carbón con un tablero de control y fuerza el cual permite la operación automática y manual del sistema, sensores de nivel instalados en las 12 de tolvas de los carbojet los cuales son los encargados de mandar la señal para el inicio automático del sistema, sistema de transmisión el cual estará compuesto por un moto reductor acoplado a un piñón motriz el cual será el encargado de transmitir el movimiento a la cadena de paletas quien a su vez se encargara de dosificar en cada uno de los carbojet, y un sistema de alarma sonora y visual el cual permitirá identificar cuando un carbojet a llegado a su nivel mínimo de carbón.

CAPITULO V: INGENIERIA BASICA

Basado en los resultados anteriores, en este capítulo se presentan los resultados que permiten evaluar el comportamiento general de la solución planteada.

7 Ingeniería Básica

El sistema de alimentación constara de un sistema de transporte por paletas con una topología presentada en la ilustración 24.

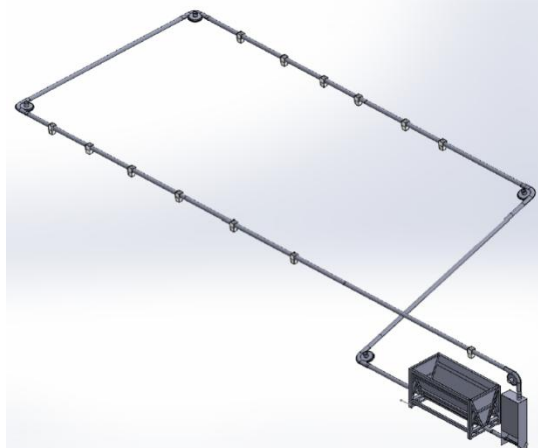


Ilustración 24. Propuesta Sistema Automático de transporte de carbón de 1 tn/hora mediante paletas. Fuente Autor

7.1 Longitud del Área de Trabajo

De acuerdo a las mediciones en el área de trabajo, la ilustración 25 presenta la ubicación de la tolva, sistema de trasmisión y puntos de distribución.

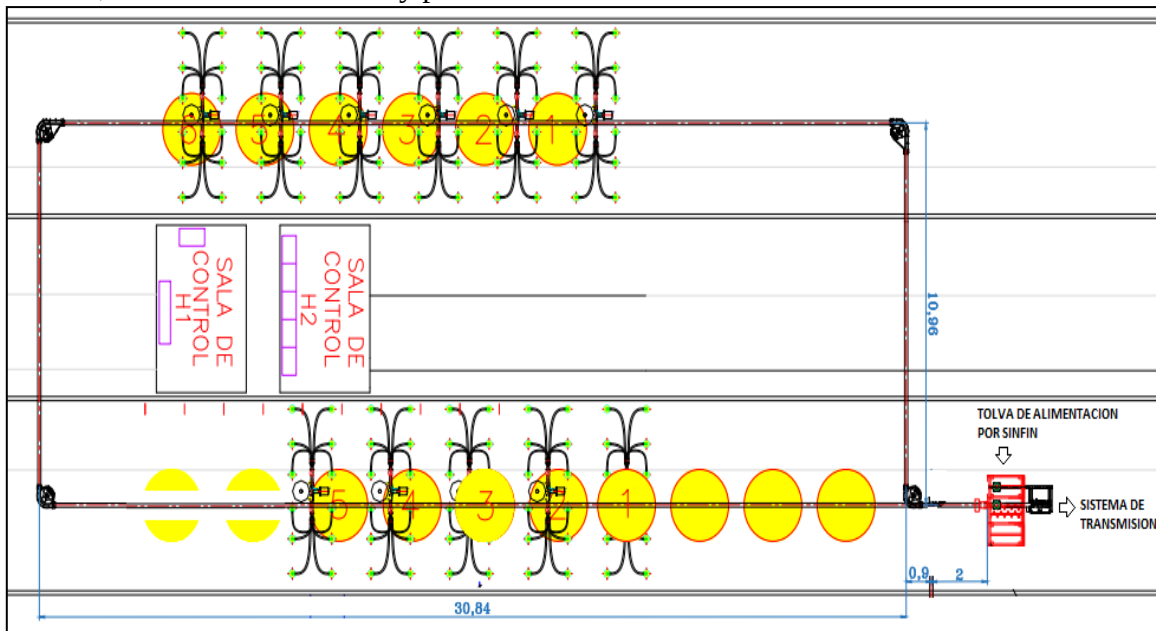


Ilustración 25. Bosquejo General de la instalación del sistema de transporte de Carbón, Fuente Autor.

7.2 Características del material a Transportar

El material a transportar es carbón mineral triturado para lo cual calculamos la densidad:

$$\rho = m/v$$

Con el apoyo del área del laboratorio se realiza el muestreo para el cálculo de la densidad del carbón utilizado actualmente en los carbojet.

Procedimiento.

En un recipiente con volumen de 3000 cm³, se tara y se llena con carbón hasta que complete el nivel haciendo un barrido para quitar el excedente, midiendo el peso del carbón. Este procedimiento se repite tres veces para cada prueba.

Es de aclarar que la densidad obtenida es aparente (ver Tabla 28).

Tabla 28. Calculo de densidad, Fuente Autor

	Carbón	MUESTRA	PESO (gr)	DENSIDAD (g/cm ³)	PROMEDIO (gr/cm ³)
Muestras Proyecto	Consumo Horno 1	1	2580	0,86	<u>0,86</u>
		2	2616	0,87	
		3	2524	0,84	

7.3 Cálculos de Diseño

Para la realización del diseño se realiza un análisis de tiempos de llenado de cada tolva con referencia a la velocidad del sistema:

Análisis para velocidad de 1 Tn/ Hora

El cálculo de los tiempos y velocidades del sistema son basados en el consumo del sistema actualmente de 1 tn/ hora, obteniendo los siguientes resultados de la Tabla 29:

Tabla 29. Resultado de Cálculos para una velocidad de 1tn/hora

VARIABLES PARA CALCULOS DE TIEMPOS Y CONSUMO	
Capacidad Total de la Tolva Kg	128
Límite Inferior Kg	40
Cantidad de Alimentación	88
Velocidad Horno No 1	60
Consumo de Carbón Día	11088,0
Velocidad Horno No 2	60
Consumo de Carbón Día	8022,8
Total consumo de Carbón	19110,8
Consumo en (Tn/h)	0,80
Tiempo Total Llenado de Tolvas (min)	32,41
Utilización Neta del Equipo por Encendida (min)	56,83
Cantidad de Veces que se Enciende el Sistema	35,24
Utilización Neta del Equipo (Horas/día)	33,38
Velocidad del sistema Tn/hora	1

Al analizar los datos de la Tabla 29 se observa que se requiere de 33.38 Horas para alcanzar a llenar el sistema, por tal motivo no es viables realizar el sistema con esta velocidad.

A continuación se relacionan la Tabla 30 y

Tabla 31 donde se muestran los cálculos realizados y donde se puede observar que el sistema no alcanzaría a dosificar el carbojet No 1 del Horno 2, generando pérdidas de temperatura en el horno, para lo cual se planteara el incremento en el diámetro de las paletas con la finalidad de garantizar la dosificación de carbón requerido y en menor tiempo.

Tabla 30. Tiempos y Consumos Horno No 1 para velocidad de 1tn/hora, fuente Autor.

HORNO 1	Carbojet 1	Carbojet 2	Carbojet 3	Carbojet 4	Carbojet 5	Carbojet 6
Consumo Carbón Día	3101,5	2558,8	775,4	1938,5	1783,4	930,5
Consumo de Carbón Kg/min	2,2	1,8	0,5	1,3	1,2	0,6
Tn/hora por Quemador	0,13	0,11	0,03	0,08	0,07	0,04
Cantidad de Cargues de la Tolva	35,2	29,1	8,8	22,0	20,3	10,6
Tiempo de Encendido de Sistema en Min	40,9	49,5	163,4	65,4	71,1	136,2
Tiempo de Llenado	5,28	4,34	1,31	3,29	3,02	1,58
Tiempo posterior al llenado min	27,13	32,41	32,41	32,41	32,41	32,41
Kilogramos consumidos	146,04	129,86	39,35	98,38	90,51	47,22

Tiempo Neto llenado de Tolva	8,76	7,79	2,36	5,90	5,43	2,83
------------------------------	------	------	------	------	------	------

Tabla 31. Tiempos y Consumo Horno No 2 para velocidad de 1tn/Hora, fuente Autor.

HORNO 2	Carbojet 1	Carbojet 2	Carbojet 3	Carbojet 4	Carbojet 5	Carbojet 6
Consumo Carbón Día	3115,6	467,3	389,5	1168,4	1402,0	1479,9
Consumo de Carbón Kg/min	2,2	0,32	0,27	0,8	1,0	1,0
Tn/hora por Quemador	0,13	0,02	0,02	0,05	0,06	0,06
Cantidad de Cargues de la Tolva	35	5	4	13	16	17
Tiempo de Encendido de Sistema en Min	40,7	271,1	325,4	108,5	90,4	85,6
Tiempo de Llenado del consumo min	5,28	0,79	0,66	1,98	2,38	2,51
Tiempo posterior al llenado min	27,13	32,41	32,41	32,41	32,41	32,41
Kilogramos consumidos	146,7	23,72	19,77	59,30	71,16	75,11
Tiempo Neto llenado de Tolva	8,80	1,42	1,19	3,56	4,27	4,51

7.4 Selección del diámetro de las paletas

Para el ancho del ducto y de las paletas debemos considerar parámetros básicos del transportador. Estos parámetros están dados por la capacidad del transportador (1 Tn/H), el material a transportar (Carbón) y la velocidad del transportador. Con estos valores obtenemos las dimensiones principales de nuestro transportador de paletas.

(29)

$$\dot{m} = \rho * v * A$$

$\dot{m}$ = Capacidad requerida 1000 kg/h

ρ = Densidad del Carbón, 860 kg/m³

v = Velocidad del Transportador (Velocidad recomendada para transportadores de paletas es de 23m/min)

A = área, m²

$$1000 \frac{kg}{h} = 860 \frac{kg}{m^3} * 23 \frac{m}{min} * A * \frac{60 min}{1 Hora}$$

$$A = 0,000842m^2$$

Calculamos el radio de la Paleta

(30)

$$A = \pi r^2$$

$$r = 0.0163 \text{ m}$$

El diámetro mínimo de la paleta sería de 3.2cm, con este valor se garantizaría la entrega de 1 tn/hora al final del proceso, pero el sistema actual dosifica 12 tolvas de diferentes velocidades de consumo de carbón, lo que implicaría que la tolva final quedaría con un consumo de 140 Kg es decir 12 Kg por encima de su capacidad y el tiempo de ocupación del equipo sería de 54 min por hora sin alcanzar a llenar todo el sistema, por lo tanto no es viable.

Se propone un diámetro de las paletas de 8.4 cm teniendo en cuenta los diámetros existentes de tubería SCH80 y manteniendo una diferencia mínima entre las paredes y las paletas de 6mm en su diámetro obteniendo los siguientes resultados:

Calculamos el área para un diámetro de 0.084m (ver Ilustración 26).

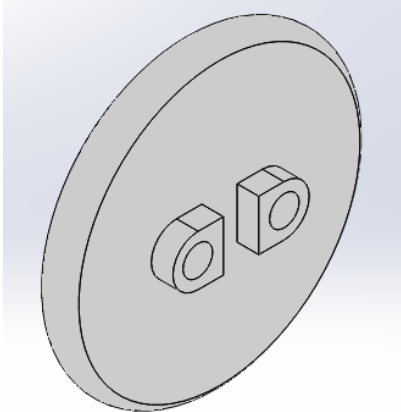


Ilustración 26 . Propuesta de diseño de paleta. Fuente Autor.

$$A = \pi 0.042^2$$

$$A = 0.005541 \text{ m}^2$$

Obtenemos el flujo para estas especificaciones

$$\dot{m} = 860 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 23 \frac{\text{m}}{\text{min}} * 0.005541 \text{ m}^2 * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ Hora}}$$

$$\dot{m} = 6576 \frac{kg}{h}$$

Se realiza los cálculos correspondientes a un flujo de 6.576 tn obteniendo los siguientes resultados de la Tabla 32:

Tabla 32. Resultado de Cálculos para una velocidad de 6.574 tn/hora

VARIABLES PARA CALCULOS DE TIEMPOS Y CONSUMO	
Capacidad Total de la Tolva Kg	128
Límite Inferior Kg	40
Cantidad de Alimentación	88
Velocidad Horno No 1	60
Consumo de Carbón Día	11088,0
Velocidad Horno No 2	60
Consumo de Carbón Día	8022,8
Total consumo de Carbón	19110,8
En tn/h	0,80
Tiempo Total Llenado de Tolvas	4,93
Utilización Neta del Equipo por Encendida min	5,49
Cantidad de Veces que se Enciende el Sistema	35,24
Utilización Neta del Equipo (Horas/día)	3,23
Velocidad del sistema tn/hora	6,574

Es decir que todas las tolvas quedarían llenas en su totalidad en 4.93 minutos y el sistema estaría encendido durante 3.23 horas aproximadamente en un día. Esta sería la entrega máxima a la velocidad recomendada para transportadores de paleta de 23m/min (ver Tabla 33 y Tabla 34).

A continuación se relaciona la matriz de cálculo:

Tabla 33. Tiempos y Consumos Horno No 1 para velocidad de 6.574 tn/hora, fuente Autor.

HORNO 1	Carbojet 1	Carbojet 2	Carbojet 3	Carbojet 4	Carbojet 5	Carbojet 6
Carbón	3101,5	2558,8	775,4	1938,5	1783,4	930,5
Consumo de Carbón Kg/min	2,2	1,8	0,5	1,3	1,2	0,6
Tn/hora por Quemador	0,13	0,11	0,03	0,08	0,07	0,04
Cantidad de Cargues de la Tolva	35,2	29,1	8,8	22,0	20,3	10,6
Tiempo de Encendido de Sistema en Min	40,9	49,5	163,4	65,4	71,1	136,2
Tiempo de Llenado	0,80	0,66	0,20	0,50	0,46	0,24
Tiempo posterior al llenado min	4,13	4,93	4,93	4,93	4,93	4,93

Kilogramos consumidos	96,49	81,03	24,56	61,39	56,48	29,47
Tiempo Neto llenado de Tolva	0,88	0,74	0,22	0,56	0,52	0,27

Tabla 34. Tiempos y Consumos Horno No 2 para velocidad de 6.574 tn/hora, fuente Autor.

HORNO 2	Carbojet 1	Carbojet 2	Carbojet 3	Carbojet 4	Carbojet 5	Carbojet 6
Carbón	3115,6	467,3	389,5	1168,4	1402,0	1479,9
Consumo de Carbón Kg/min	2,2	0,32	0,27	0,8	1,0	1,0
tn/hora por Quemador	0,13	0,02	0,02	0,05	0,06	0,06
Cantidad de Cargues de la Tolva	35	5	4	13	16	17
Tiempo de Encendido de Sistema en Min	40,7	271,1	325,4	108,5	90,4	85,6
Tiempo de Llenado del consumo min	0,80	0,12	0,10	0,30	0,36	0,38
Tiempo posterior al llenado min	4,13	4,93	4,93	4,93	4,93	4,93
Kilogramos consumidos	96,93	14,80	12,33	37,00	44,40	46,87
Tiempo Neto llenado de Tolva	0,88	0,14	0,11	0,34	0,41	0,43

7.5 Selección de tubo SCH

Para el sistema de tubería por donde se desplazará el carbón se utilizará tubo SCH 80 por solicitud del cliente, el cual manifiesta tener muy buena experiencia en el transporte de carbón por sin fin en el área de secaderos de la compañía.

Para la selección del diámetro del tubo se tiene en cuenta el resultado del diámetro de la paleta de 84 mm y se busca en la Tabla 12 encontrando como opción tubo SCH 80 de 4” el cual tiene un diámetro externo de 114.3 mm, espesor de las paredes de 8.560 mm que le dan mayor durabilidad y un diámetro interno de 97.18mm manteniendo una diferencia entre las paredes de 6.59mm garantizando que no se presente fricción entre las paredes de la tubería y las paletas del sistema de transporte.

7.6 Calculo del Peso del Material Total a Transportar

Se calcula el peso teniendo en cuenta la longitud de la tubería hasta el último carbojet y el diámetro de las paletas, por lo tanto, tenemos que:

$$m_c = \rho_c * v$$

Donde:

m_c Masa total de Carbón

ρ_c Densidad del Carbón ($0,86 \frac{g}{cm^3}$)
 v Volumen del Carbón
 r Radio de la Paleta ($4,2cm$)
 h Longitud total del Ducto que contiene carbón (6372 cm)

Calculamos el volumen con base al diámetro de la paleta:

$$v = \pi * r^2 * h$$

$$v = \pi * (4,2cm)^2 * 6372cm$$

$$v = 353121,54cm^3$$

Calculamos la masa total del carbón:

$$m_c = 0,86 \frac{g}{cm^3} * 353121,54 cm^3$$

$$m_c = 355.074,0 \text{ gramos}$$

$$m_c = 303.6 Kg$$

7.7 Selección de Cadena

Para la selección de la cadena consideramos los datos de la Tabla 6 y el peso de carbón a transportar de 355 Kg obteniendo que la mejor opción sea la cadena con las siguientes características:

Espesor Nominal (mm): 8
 Paso t (mm): 52
 B (mm): 32
 Carga Útil (kg): 400
 Carga de Prueba (Kg): 1000
 Carga mínima de rotura (kg): 2500
 Peso (kg/m): 1,1

Tenien en cuenta que la longitud de la cadena es de 86.5 m el peso total seria 95.15 Kg. En la Ilustración 27 se muestra el diseño de la cadena con las paletas de arrastre.

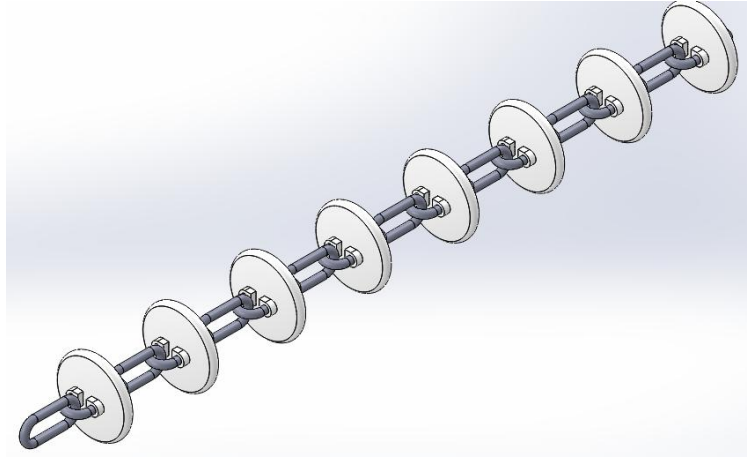


Ilustración 27. Propuesta de diseño de cadena con paletas. Fuente Autor.

7.8 Cálculo del peso de las paletas

Calculamos la masa de las paletas y/o arandelas según las propiedades de la Tabla 14. Propiedad Polietileno de Alta Densidad, Tabla 14:

$$v_p = \pi * r^2 * h$$

$$v_p = \pi * (4,2cm)^2 * 1.2cm$$

$$v_p = 66,5cm^3$$

Calculamos la masa de una Paleta:

$$m_p = 0,93 \frac{g}{cm^3} * 66,5cm^3$$

$$m_p = 61,84 \text{ gramos}$$

$$m_p = 0,061 \text{ Kg}$$

Calculamos la cantidad de eslabones que tendrá nuestra cadena para poder calcular la cantidad de paletas necesarias, sabiendo que la longitud total de la cadena es de 86.5 mts y que el paso es de 5,6 cm obtenemos la siguiente información:

$$\text{Cantidad de Eslabones} = \frac{\text{Longitud Total}}{\text{Paso de la Cadena}}$$

$$\text{Cantidad de Eslabones} = \frac{8650cm}{5,6cm}$$

$$\text{Cantidad de Eslabones} = 1544.64 \text{ und}$$

Es decir que la cantidad de paletas es de 773 Und que es equivalente a la mitad de los eslabones de la cadena.

Calculamos el peso total de las paletas:

$$m_p = 773 * 0,061Kg$$

$$m_p = 47.8Kg$$

7.9 Cálculo de la fuerza requerida para el funcionamiento del sistema

Para el cálculo del esfuerzo necesario para mover el sistema dividiremos el sistema en 2 partes debido a que el sistema presenta un tramo inclinado y el otro plano, quedando la Fuerza final expresada en la siguiente ecuación:

(31)

$$F = F_1 + F_2$$

Cálculo Esfuerzo 1 (Tramo Inclinado Ilustración 27)

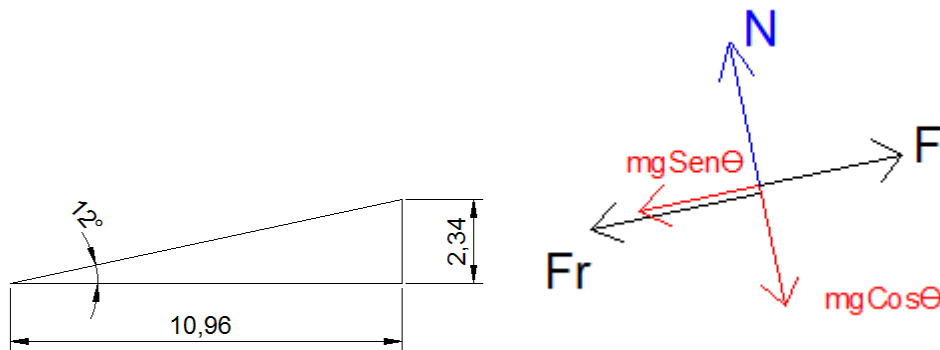


Ilustración 28. Diagrama de Fuerzas zona inclinada

Sumatorias de Fuerzas:

(32)

$$F_r + m * g * \sin \theta = F$$

Calculamos la masa del tramo inclinado:

$$m_{T.inclinado} = m_{carbon} + m_{paletas} + m_{cadena}$$

$$m_{T.inclinado} = 60,7Kg + 6,6Kg + 12,056Kg$$

$$m_{T.inclinado} = 79,35Kg$$

Calculamos la fuerza Normal N con la ecuación (24)

$$\mathbf{N=mg \cdot cos\theta}$$

$$N = 79,35 Kg * 10 \frac{m}{sg^2} * \cos 12$$

$$N = 776,16N$$

Con la ecuación (22) Calculamos Fr y seleccionamos el coeficiente de fricción estático para cobre y acero buscando semejanza con el acero y el polietileno de la Tabla 15

$$\mathbf{Fk=\mu k N}$$

$$F_r = 0.36 * 776,16$$

$$F_r = 279,41N$$

Calculamos la fuerza F según la ecuación $\mathbf{F_r + m * g * \sin \theta = F}$

$$F_1 = 279,41N + 79,35Kg * 10 \frac{m}{sg^2} * \sin 12$$

$$F_1 = 279,41N + 164,9N$$

$$F_1 = 444,31N$$

Calculo esfuerzo 2 (Tramo Plano)

La masa total del sistema es la sumatoria de la masa del carbón, la masa de la cadena y la masa de las paletas la cual sería:

$$m_{total} = 303,6Kg + 95,15Kg + 47,8Kg$$

$$m_{total} = 446,55Kg$$

Para el cálculo de la fuerza F en el tramo plano restamos la masa utilizada en el tramo inclinado de 79.35Kg quedando con una masa de 367,2 Kg, utilizamos la ecuación (27)

$$\mathbf{F=F_s} \quad (27)$$

$$F = F_s \quad (28)$$

$$F_{s \text{ máx}} = \mu_s N \quad (28)$$

$$F_{s \text{ más}} = \mu_s N$$

$$F_2 = 0,36 * 3672 N$$

$$F_2 = 1321,92 N$$

Calculamos la Fuerza requerida según la ecuación (31)

$$F = 444,31 N + 1321,92 N$$

$$F = 1766 N$$

Comprobamos el coeficiente de seguridad según la ecuación (4) donde la carga de rotura de la cadena seleccionada es de 2500Kg por lo tanto obtenemos que:

$$C_s = \frac{25000 N}{1766 N}$$

$$C_s = 14,15$$

Se considera de buena práctica disponer de un coeficiente de seguridad de al menos $C_s > 12$.

En la Ilustración 29 se muestra la propuesta de diseño del transportador de paletas.

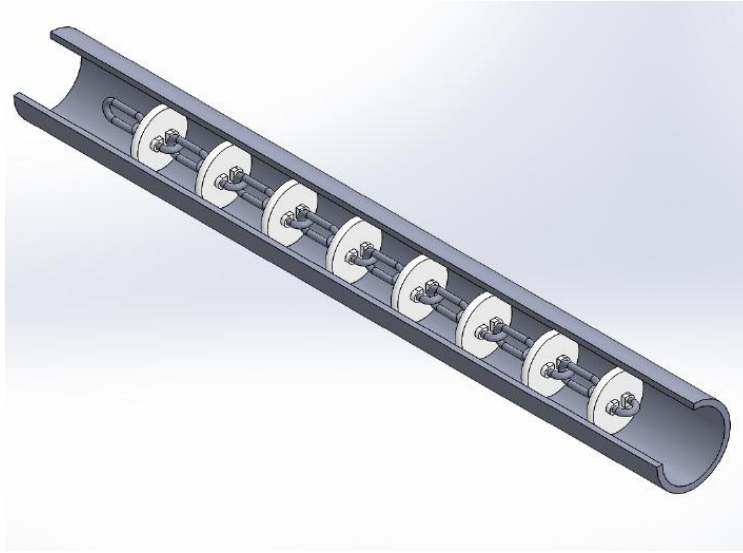


Ilustración 29. Propuesta de Transportador de Paletas. Fuente Autor.

7.10 Cálculo del Piñón Motriz

Para el cálculo del piñón tenemos en cuenta la siguiente información estimada para el diseño:

N= 12 Dientes

P= 104mm (Este valor se calcula con las dimensiones de los eslabones de la cadena seleccionada)

d= 84mm (Al ser una cadena de arrastre eslabonada y para el diseño este sistema cuenta con unas paletas las cuales son determinantes para el diseño de nuestro piñón, siendo así que tomamos d como el diámetro de las paletas)

Calculamos el Ángulo Alfa (α) del engranaje utilizando la ecuación (6)

$$\alpha = 180^\circ/12$$

$$\alpha = 15^\circ$$

Calculamos el Diámetro primitivo del engranaje (D_p) utilizando la ecuación (7)

$$D_p = 104\text{mm}/\text{Sen } 15$$

$$D_p = 401.825\text{mm}$$

Calculamos el Diámetro interno del engranaje (Di) utilizando la ecuación (8)

$$D_i = 401.825\text{mm} - 84\text{mm}$$

$$D_i = 317.825\text{mm}$$

Calculamos el Diámetro exterior del engranaje (De) utilizando la ecuación (9)

$$D_e = 401.825\text{mm} + ((0,63)(68\text{mm}))$$

$$D_e = 444.665\text{mm}$$

Calculamos Diámetro exterior recomendado (Der) utilizando la ecuación (10)

$$D_{er} = 401.825\text{mm} + 68\text{mm}$$

$$D_{er} = 469.825\text{mm}$$

Para nuestro diseño y debido a la aplicación se utilizara como Diámetro Exterior 444.65mm para evitar ajustes entre la cadena y el piñón motriz.

7.11 Características para la Selección del Moto Reductor

Para la selección del moto reductor se deben tener en cuenta factores como el torque aplicado a la salida, potencia de requerida del motor, factores de seguridad, revoluciones en la entrada y salida del reductor, etc.

Calculamos el torque en el eje de Salida

Para el cálculo del torque requerido utilizamos la ecuación:

$$T = F * d$$

Donde la F es la fuerza requerida la cual se calculo en el 7.9 y la distancia equivalente al diámetro primitivo del piñón calculado en 7.10. Por lo tanto tenemos que el Torque es :

$$T = 1766 \text{ N} * \frac{0.4018}{2} \text{ m}$$

$$T = 354.7894 Nm$$

Calculamos la potencia (HP) requerida teniendo en cuenta: "HP vacío" + la HP para mover el material en el transportador llamado "HP en vivo" + la HP para levantar el material en una inclinación situación llamada el "ascensor HP"

7.12 HP vacío

Los caballos de fuerza vacíos son la potencia necesaria para superar la fricción en el sistema de transmisión de potencia, la cadena / los piñones y los vuelos que se arrastran en la parte inferior del canal. El HP vacío se puede calcular utilizando la ecuación (19)

$$HP_E = \frac{2.31 * S * L * W_c * F_c}{33000}$$

Donde,

$HP_E = \text{Potencia en vacío}$

$S = \text{Velocidad de la cadena} (\frac{ft}{min})$ Es de 75.45ft/min (23m/min)

$L = \text{Longitud del transportador (ft)}$ Es 283.73 ft (86.5m)

$W_c = \text{Peso por ft de la cadena}$ 2.42lb por ft (1.1Kg por metro)

$F_c = \text{Factor de Fricción.}$ De 0.36

Con los datos anteriormente definidos reemplazamos para obtener la potencia en vacío:

$$HP_E = \frac{2.31 * 75.4 \frac{lb}{ft} * 283.73 ft * 2.42 lb * 0.36}{33000}$$

$$HP_E = 1.309 HP$$

7.13 Live HP

La potencia en vivo es la potencia requerida para superar la fricción del material que se desliza a lo largo de la parte inferior de la carcasa a lo largo del transportador. Live HP se puede calcular utilizando la ecuación (20) .

$$HP_E = \frac{1.1 * S * L * W_m * F_m}{33000}$$

HP_L = Requisito de caballos de fuerza en vivo

Wm = Peso por pie de material transportado (Lb / ft) 2.708 Lb/ft (4.03Kg/m)

L = Longitud del transportador (ft) 283.79ft (86.5m)

S = Velocidad de la cadena (ft / min) 75.45 ft/min (23m/min)

Fm = Factor de fricción del material en la parte inferior Alojamiento 0.36

Por lo tanto la potencia en vivo es

$$HP_L = \frac{1.1 * 75.45 ft/min * 283.79 ft * 2.708 lb/ft * 0.36}{33000}$$

$$HP_L = 1.461HP$$

7.14 Levantar HP

Lift Horsepower es la potencia requerida para elevar el material a la altura requerida de un transportador con patas inclinadas o dobladas. Lift HP se puede calcular utilizando la ecuación (21).

$$HP_H = \frac{R * H}{33000 * 60}$$

HP_H = Elevación de los caballos de fuerza Requisito

R = Velocidad de transporte del material (Lb / h) 2204,62 Lb/h (1tn/h)

H = Altura vertical del material a transportar (ft) 7.21ft (2.2m)

Calculamos la potencia requerida para el tramo inclinado obteniendo como resultado:

$$HP_H = \frac{2204.62 Lb/h * 7.21 ft}{33000 * 60}$$

$$HP_H = 0.008HP$$

7.15 HP total

Usando la HP vacía, la HP en vivo y la HP de elevación, la potencia total requerida para transmitir el material se puede calcular usando la ecuación (22).

$$HP_{Total} = \frac{HP_E + HP_L + HP_H}{E}$$

HP_{total} = total del sistema Requisito caballos de fuerza

HP_E = vacío Potencia Requisito

HP_L = Potencia en vivo Requisito

HP_H = Caballos de fuerza de elevación Requisito

E Eficiencia = conducir (0.75)

Obtenemos que la potencia total requerida es de:

$$HP_{Total} = \frac{1.309HP + 1.461HP + 0.008HP}{0.75}$$

$$HP_{Total} = 3.704HP$$

La potencia del motor seria de 3.704HP por consiguiendo el motor estándar de referencia superior seria de **2.9828 kW** es decir de **4HP**.

Factor de Seguridad sf

Para la selección de factor de seguridad se tendrá la Clasificación de Cargas de la Asociación Estadounidense de Fabricantes de Engranajes (AGMA) ver ANEXO 1, donde se estipula el tipo de aplicación y su aplicación, para el caso de nuestro sistema de transporte por paletas la clasificación es como carga uniforme debido a que la dosificación al sistema va a ser continua y el manejo de carga no es alto.

Procedemos a seleccionar el factor de seguridad para el sistema de transporte de paletas teniendo en cuenta que el equipo se detiene aproximadamente 1.4 veces por hora y su funcionamiento estará dado entre 8 y 24 Horas, este tiempo ocupación del equipo se asume de esta manera buscando dar mayor vida útil al reductor. Según las Tabla 7 y

Tabla 8 el **sf** seria **1.5**

Potencia Seleccionada del Reductor

Con base a la ecuación (18) calculamos la potencia mecánica del reductor :

$$Potencia\ del\ Reductor = 4HP * 1.5$$

$$Potencia\ del\ Reductor = 6HP$$

La potencia requerida del reductor seria de 4.47kW es decir 6HP

Par de Salida Transmisibile

Calculamos el par de Salida transmisibile de la ecuación (17) el cual nos permitirá seleccionar el reductor adecuado, es de recordar que el valor resultante debe ser mayor al par real calculado a la salida del sistema:

$$M_{n2} = \frac{4.47kW * 9550 * 0.70}{18rpm}$$

$$M_{n2} = 553.36 Nm$$

El par calculado real es de **354.811Nm** < **553,36Nm** del par transmisibile cumpliendo con las especificaciones teóricas.

7.16 Calculo de Volumen de la Tolva

La capacidad de almacenamiento de la tolva es de 1 Tn a 1.3 Tn máximo debido a que esta se va a ubicar en la parte superior del Horno, condición dada por el cliente.

Para la tolva se plantea un diseño trapezoidal (ver Ilustración 30) para lo cual se selecciona el Angulo interno de fricción del Anexo 14 para el material a almacenar que en nuestro caso es carbón Mineral con una densidad de 850 Kg/m³

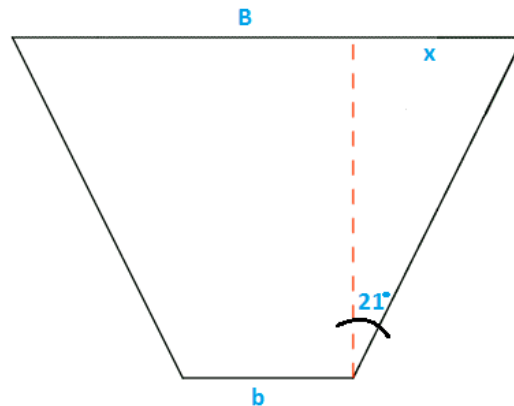


Ilustración 30. Calculo de Volumen de la Tolva. Fuente Autor.

Se realiza la matriz de cálculo (ver Tabla 35) en la cual se obtienen las siguientes dimensiones para la tolva:

Tabla 35. Matriz de Cálculo para el volumen. Fuente Autor.

Ítem	Dimensión	Unidad
Angulo interno de Fricción (21°)	0,3665102	Radianes
Altura (h)	1,16	m
Base Mayor(B)	1,0	m
Base menor (b)	0,116	m
Profundidad	2,2	m
Densidad Carbón	850	Kg/m3
X	0,44527038	m
Área	0,65107364	m2
Volumen	1,43236201	m3
Capacidad	1217,5077	Kg

La capacidad de la Tolva es de 1.2Tn cumpliendo con lo establecido por el cliente.

Con las dimensiones generales planteamos el diseño de la tolva utilizando lámina ASTM A36 de ¼” como se muestra en la Ilustración 31

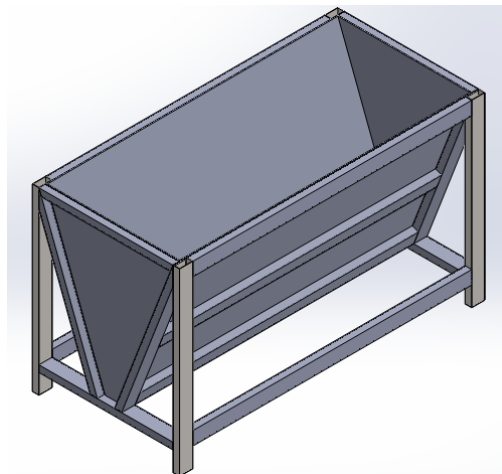


Ilustración 31. Modelo de la Tolva. Fuente Autor.

Para lograr una mayor rigidez en la tolva se utilizará tubo rectangular en acero al carbono en los extremos superiores e inferiores por tal motivo para la simulación estas aristas se tomaran como sujeciones fijas como se muestra en la Ilustración 32., para un total de 16 bordes fijos.

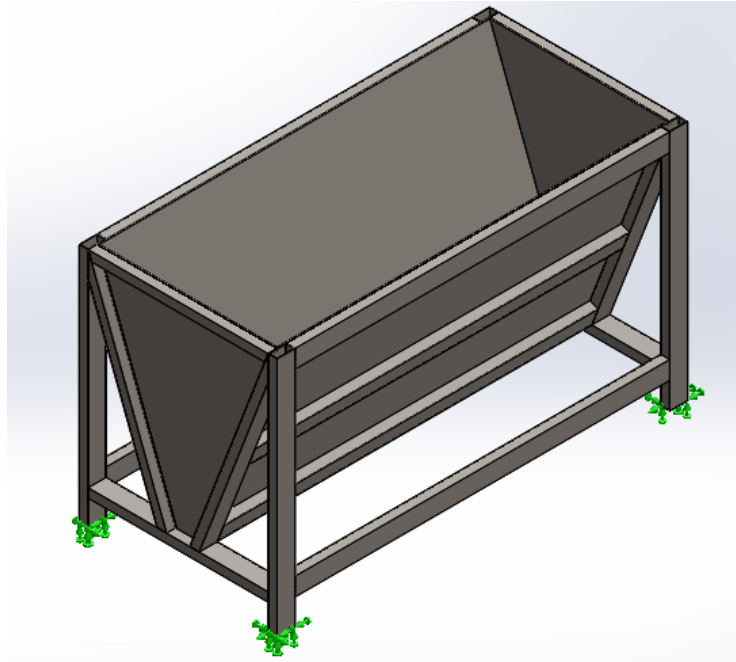


Ilustración 32. Condiciones de Bordes Fijos. Fuente Autor.

Para el análisis de carga aplicadas en el interior de la Tolva lo manejaremos como una carga de fuerza teniendo en cuenta la capacidad de la Tolva y el peso de la tolva de 0.332 Tn.

Calculamos la carga aplicada sobre las caras inclinadas teniendo en cuenta la masa que queda sobre ella, esto nos permite generar un valor aproximado de la carga:

$m = \text{masa sobre la cara inclinada}$

$\rho = \text{densidad del Carbon}$

$v = \text{volumen}$ (La forma generada por la carga asumiendo que queda totalmente llena es triangular)

$$m = \rho * v$$

$$m = 860 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{0.5\text{m} (\text{ancho}) * 1.16\text{m} (\text{alto}) * 2.2\text{m} (\text{profundidad})}{2}$$

$$m = 548 \text{ Kg}$$

Calculamos la carga aplicada sobre la cara.

W= Carga Aplicada

$$W = 548\text{Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W= 5377 \text{ N}$$

Calculamos la carga aplicada sobre la base de la tolva teniendo en cuenta la masa que queda sobre ella, esto nos permite generar un valor aproximado de la carga:

$m = \text{masa sobre la cara inclinada}$

$\rho = \text{densidad del Carbon}$

$v = \text{volumen}$ (La forma generada por la carga asumiendo que queda totalmente llena es rectangular)

$$m = \rho * v$$

$$m = 860 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.13 \text{ m (ancho)} * 1.16 \text{ m (alto)} * 2.2 \text{ m (profundidad)}$$

$$m = 285.3 \text{ Kg}$$

Calculamos la carga aplicada sobre la cara.

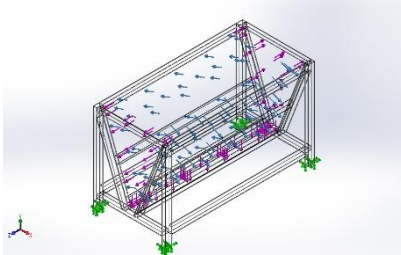
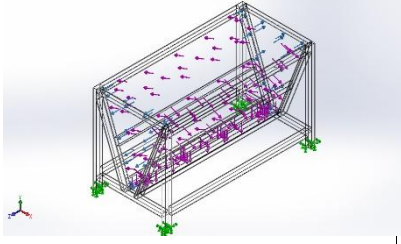
W= Carga Aplicada

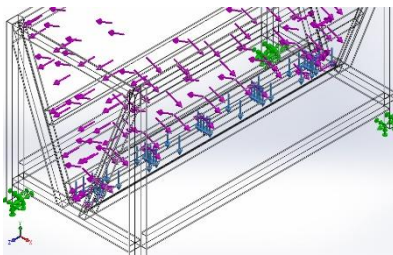
$$W= 285.3 \text{ Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{sg}^2}$$

$$W= 2796 \text{ N}$$

Teniendo el valor de las cargas definidos las asignamos sobre las 5 caras sobre las cual se aplicara la Fuerza como se muestra en la Tabla 36 (ver Ilustración 33)

Tabla 36. Detalle de las cargas aplicadas. Fuente Autor

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 5380 N
Fuerza-2		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 5377 N

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-3		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 2796 N

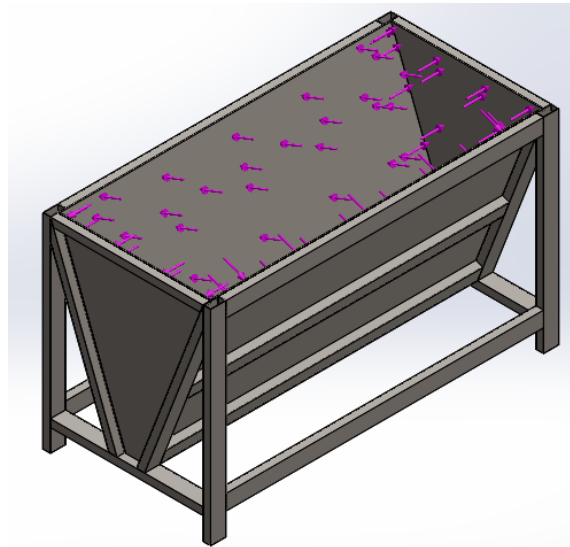


Ilustración 33. Aplicación de Cargas. Fuente Autor.

Teniendo definido el modelo, las condiciones de borde, cargas aplicadas procedemos a generar la malla con elementos piramidales como se muestra en la Ilustración 34

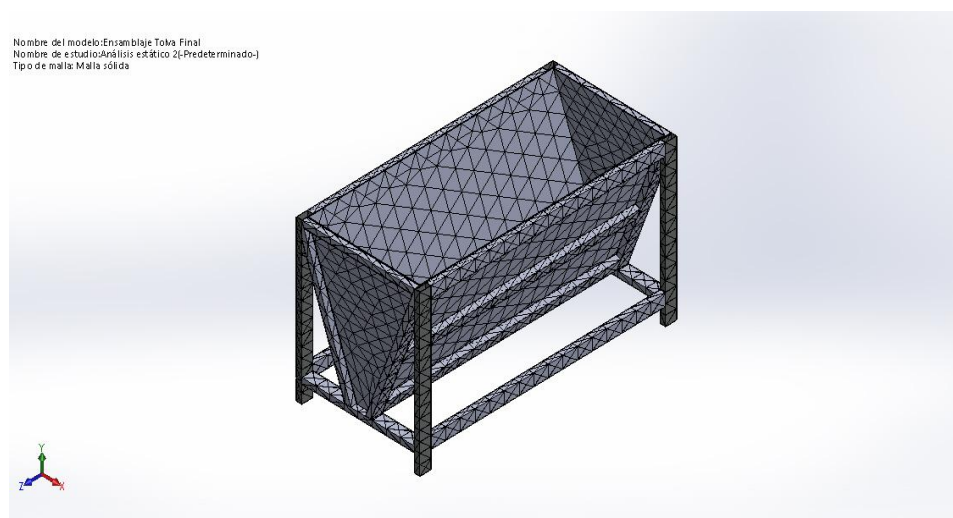


Ilustración 34. Malla Solida. Fuente Autor.

En la Tabla 37 y Tabla 38 detalla la información del tipo de malla aplicada al modelo.

Tabla 37. Información de la Malla. Fuente Autor.

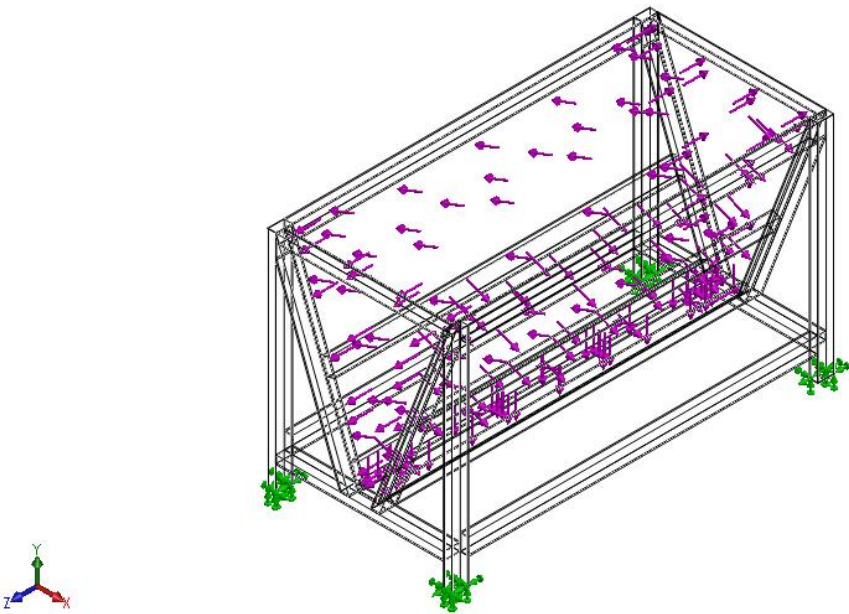
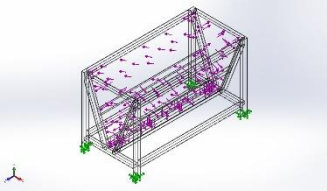
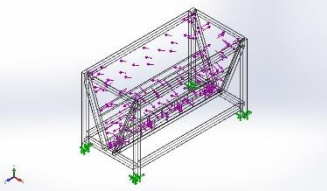
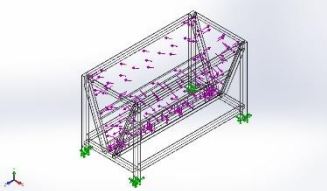
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de element	112.969 mm
Tamaño mínimo del element	5.64847 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

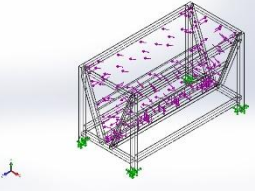
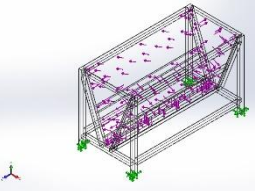
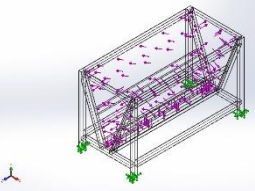
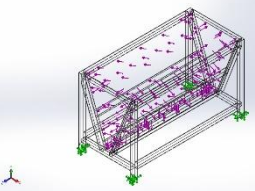
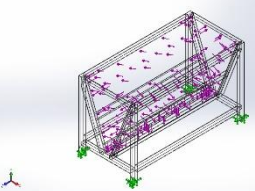
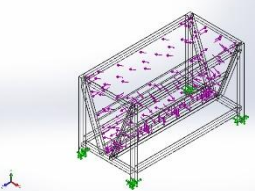
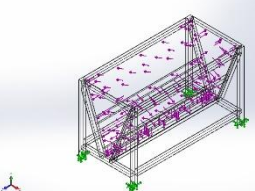
Tabla 38. Detalle de la Malla. Fuente Autor.

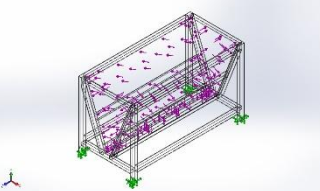
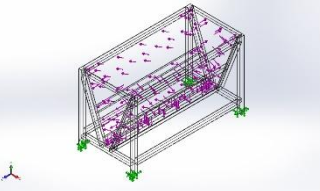
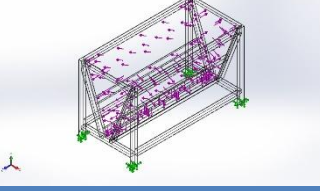
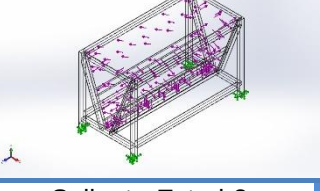
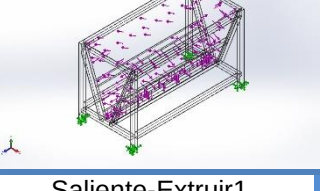
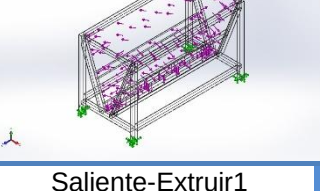
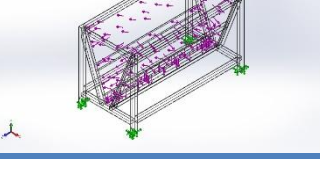
Número total de nodos	23809
Número total de elementos	11481
Cociente máximo de aspect	439.32
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	99.9
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0

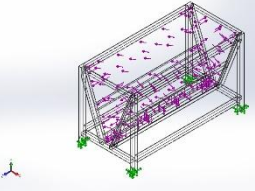
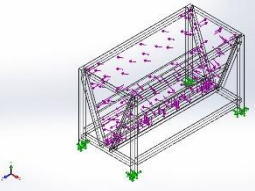
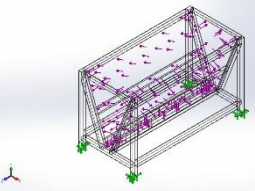
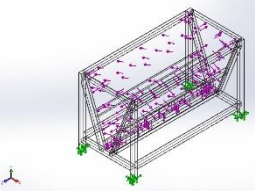
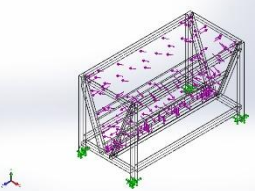
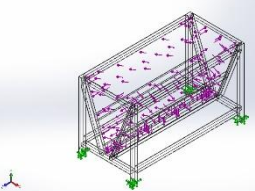
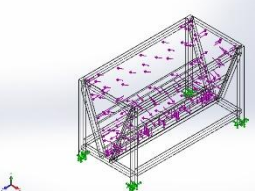
Posteriormente procedemos a ejecutar el análisis obteniendo los resultados de la Tabla 39 y Tabla 40 donde se muestran las tensiones de von mises:

Tabla 39. Información del Modelo. Fuente Autor.

 Nombre del modelo: Ensamblaje Tolva Final Configuración actual: Predeterminado			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:9.3778 kg Volumen:0.00119462 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:91.9024 N	C:\Users\usuario\Documents\Apoyos Tolva.SLDPRT Ene 25 15:14:45 2019
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:9.3778 kg Volumen:0.00119462 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:91.9024 N	C:\Users\usuario\Documents\Apoyos Tolva.SLDPRT Ene 25 15:14:45 2019
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:9.3778 kg Volumen:0.00119462 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:91.9024 N	C:\Users\usuario\Documents\Apoyos Tolva.SLDPRT Ene 25 15:14:45 2019

Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:9.3778 kg Volumen:0.00119462 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:91.9024 N	C:\Users\usuario\Documents\Apoyos Tolva.SLDPRT Ene 25 15:14:45 2019
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:16.0215 kg Volumen:0.00204095 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:157.01 N	C:\Users\usuario\Documents\Base.SLDPRT Ene 26 17:25:55 2019
Vaciado1 	Sólido	Masa:10.6994 kg Volumen:0.00136298 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:104.854 N	C:\Users\usuario\Documents\Perfil Rectancular Vertical.SLDPRT Ene 26 17:52:48 2019
Vaciado1 	Sólido	Masa:10.6994 kg Volumen:0.00136298 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:104.854 N	C:\Users\usuario\Documents\Perfil Rectancular Vertical.SLDPRT Ene 26 17:52:48 2019
Vaciado1 	Sólido	Masa:10.6994 kg Volumen:0.00136298 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:104.854 N	C:\Users\usuario\Documents\Perfil Rectancular Vertical.SLDPRT Ene 26 17:52:48 2019
Vaciado1 	Sólido	Masa:10.6994 kg Volumen:0.00136298 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:104.854 N	C:\Users\usuario\Documents\Perfil Rectancular Vertical.SLDPRT Ene 26 17:52:48 2019
Vaciado1 	Sólido	Masa:4.52739 kg Volumen:0.000576738 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:44.3685 N	C:\Users\usuario\Documents\cuadrado frontal.SLDPRT Ene 26 21:34:22 2019

Vaciado1 	Sólido	Masa:4.52739 kg Volumen:0.000576738 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:44.3685 N	C:\Users\usuario\Documents\cuadrado frontal.SLDPRT Ene 26 21:34:22 2019
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:32.2653 kg Volumen:0.00411023 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:316.2 N	C:\Users\usuario\Documents\laminas Frontal.SLDPRT Ene 26 16:29:16 2019
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:32.2653 kg Volumen:0.00411023 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:316.2 N	C:\Users\usuario\Documents\laminas Frontal.SLDPRT Ene 26 16:29:16 2019
Saliente-Extruir2 	Sólido	Masa:136.875 kg Volumen:0.0174363 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:1341.38 N	C:\Users\usuario\Documents\laminas Laterales.SLDPRT Ene 26 16:38:21 2019
Saliente-Extruir2 	Sólido	Masa:136.875 kg Volumen:0.0174363 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:1341.38 N	C:\Users\usuario\Documents\laminas Laterales.SLDPRT Ene 26 16:38:21 2019
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:9.19156 kg Volumen:0.0011709 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:90.0773 N	C:\Users\usuario\Documents\perfil frontal.SLDPRT Ene 26 18:33:26 2019
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:9.19156 kg Volumen:0.0011709 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:90.0773 N	C:\Users\usuario\Documents\perfil frontal.SLDPRT Ene 26 18:33:26 2019

Saliente-Extruir2 	Sólido	Masa:19.1378 kg Volumen:0.00243793 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:187.55 N	C:\Users\usuario\Documents\perfil lateral.SLDPRT Ene 26 17:02:34 2019
Saliente-Extruir2 	Sólido	Masa:19.1378 kg Volumen:0.00243793 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:187.55 N	C:\Users\usuario\Documents\perfil lateral.SLDPRT Ene 26 17:02:34 2019
Saliente-Extruir2 	Sólido	Masa:19.1378 kg Volumen:0.00243793 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:187.55 N	C:\Users\usuario\Documents\perfil lateral.SLDPRT Ene 26 17:02:34 2019
Saliente-Extruir2 	Sólido	Masa:19.1378 kg Volumen:0.00243793 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:187.55 N	C:\Users\usuario\Documents\perfil lateral.SLDPRT Ene 26 17:02:34 2019
Saliente-Extruir2 	Sólido	Masa:19.1378 kg Volumen:0.00243793 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:187.55 N	C:\Users\usuario\Documents\perfil lateral.SLDPRT Ene 26 17:02:34 2019
Saliente-Extruir2 	Sólido	Masa:19.1378 kg Volumen:0.00243793 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:187.55 N	C:\Users\usuario\Documents\perfil lateral.SLDPRT Ene 26 17:02:34 2019
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:19.1378 kg Volumen:0.00243793 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:187.55 N	C:\Users\usuario\Documents\perfiles laterales.SLDPRT Ene 26 20:53:39 2019

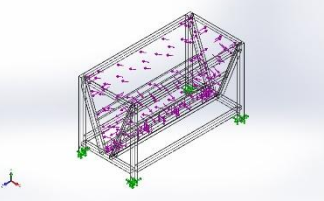
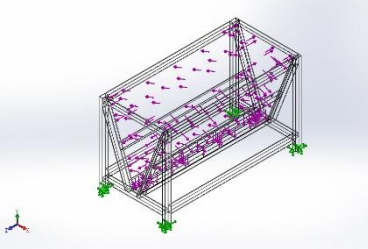
Saliente-Extruir1		Sólido	Masa: 19.1378 kg Volumen: 0.00243793 m ³ Densidad: 7850 kg/m ³ Peso: 187.55 N	C:\Users\usuario\Documents\perfiles laterales.SLDPRT Ene 26 20:53:39 2019
-------------------	---	--------	--	--

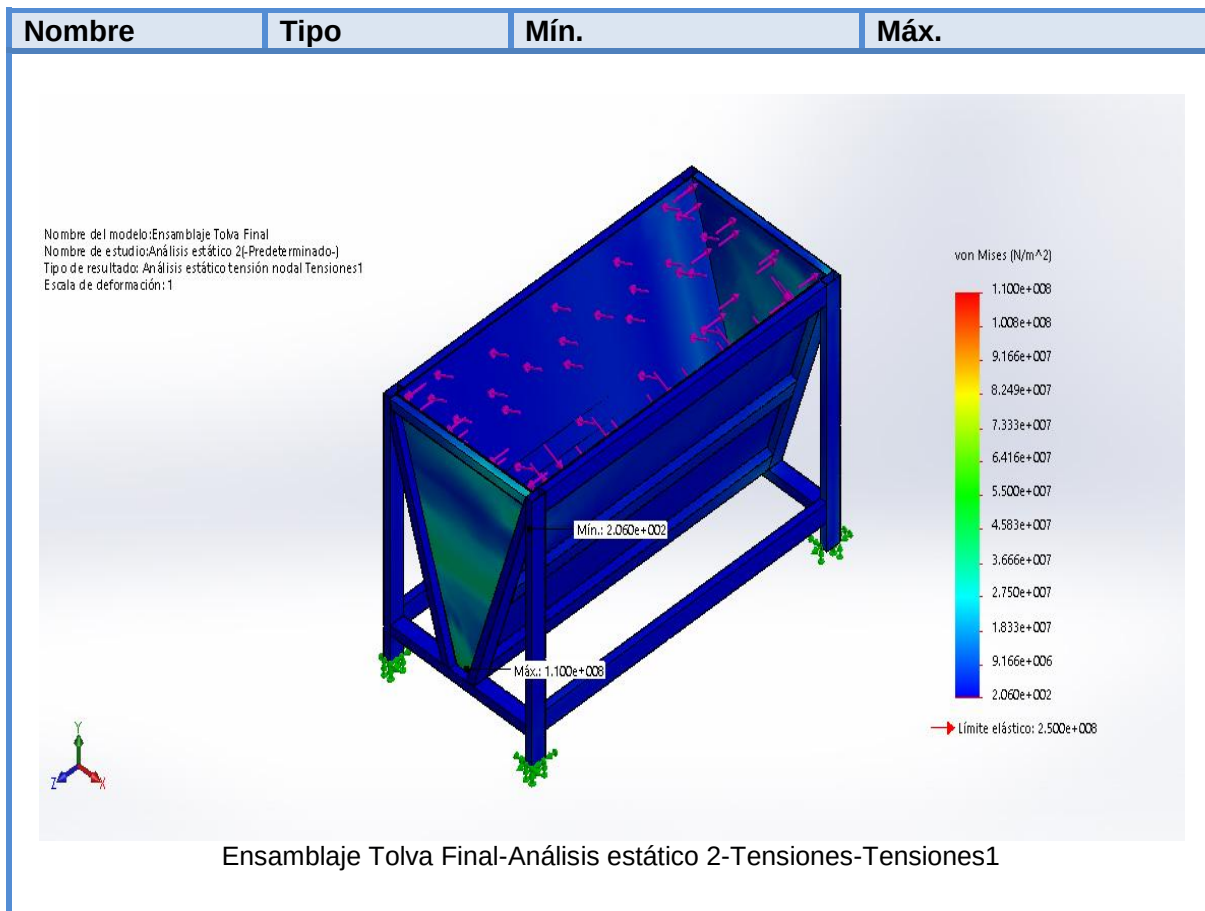
Tabla 40. Propiedades del Material. Fuente Autor.

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: ASTM A36 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2.5e+008 N/m ² Límite de tracción: 4e+008 N/m ² Módulo elástico: 2e+011 N/m ² Coefficiente de Poisson: 0.26 Densidad: 7850 kg/m ³ Módulo cortante: 7.93e+010 N/m ²	Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Apoyos Tolva-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Apoyos Tolva-2), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Apoyos Tolva-3), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Apoyos Tolva-4),.....

Con los datos definidos procedemos a generar la simulación del modelo ver Tabla 41

Tabla 41. Resultados del Estudio. Fuente Autor.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2.060e+002N/m ² Nodo: 5562	1.100e+008N/m ² Nodo: 3563



Como se puede observar en la Tabla 41 al realizar el análisis estático de tensiones por el método de Von Mises el valor máximo es 1.1×10^8 el cual no supera el límite elástico de 2.500×10^8 garantizando la viabilidad del diseño. Se debe reforzar los puntos con mayor tensiones para evitar posibles fallas por fatiga.

Se anexan planos Generales del sistema de transporte de carbón de 1tn/hora mediante paletas.

Anexo 1. Vista frontal sistema automático de transporte de Carbón de una 1tn/h mediante paletas.

Anexo 2. Vista lateral sistema automático de transporte de Carbón de una 1tn/h mediante paletas.

Anexo 3. Vista Superior sistema automático de transporte de Carbón de una 1tn/h mediante paletas

Anexo 4. Plano tolva

Anexo 5. Curva superior

Anexo 6. Curva Inferior

Anexo 7. Paleta

Anexo 8. Flanche.

Anexo 9. Polea

Anexo 10. Silos Tolvas Carbojet

8 CAPITULO VI: ESTIMACION DE COSTOS

En este capítulo se analizará el costo del proyecto y el tiempo estimado de recuperación de la inversión.

8.1 Análisis de Costos Indirectos Generados por Incapacidades

Al realizar el análisis de los diferentes problemas se evidencio un alto grado de accidentabilidad e incapacidades generadas por el transporte de bultos de carbón los cuales se analizaran en la Tabla 42

Tabla 42. Promedio Salarial y Prestaciones Sociales. Fuente Autor

CALCULANDO UN MES CON 5 FESTIVOS 25 DIAS ORDINARIOS	VALOR	COSTO 4 PERSONAS	COSTO MENSUAL POR PERSONA	COSTO DIARIO
Salario	828.116	3.312.464	828.116	27.604
Auxilio de Transporte	97.032	388.128	97.032	3.234
RNO (Recargo Nocturno Ordinario)	35%	241.534	60.383	2.013
RNF (Recargo Nocturno Festivo)	210%	289.841	72.460	2.415
FESTIVO	175%	483.068	120.767	4.026
TOTAL RECARGOS		1.014.442	253.611	8.454
TOTAL PAGO DE NOMINA		4.715.034	1.178.759	39.292
Cesantías	8,33	392.762	98.191	3.273
Intereses	1	47.150	11.788	393
Prima legal	8,33	392.762	98.191	3.273
Vacaciones	4,17	180.432	45.108	1.504
TOTAL PRESTACIONES		1.013.107	253.277	8.443
Pensión	12	519.229	129.807	4.327
Salud	0	0	0	0
Arl	2,436	105.403	26.351	878
Caja	4	173.076	43.269	1.442
TOTAL SEGURIDAD SOCIAL		797.708	199.427	6.648
COSTO TOTAL		10.226.442	1.631.463	85.220

Las compañías cuando debe continuar realizando los aportes y/o pagos de cesantías, intereses, prima legal, vacaciones y pensión del personal incapacitado. Calcularemos el costo (ver Tabla 43) que genera los días de incapacidad reportados en la Tabla 2 :

Tabla 43. Costo Total por Incapacidad. Fuente Autor

COSTO INCAPACIDAD			
Ítem	Costo Por Día	Total Días Perdidos	Valor Total
Valor a pagar por Incapacidad	12.769	186	2.375.120

Estas incapacidades ocasionan que la compañía deba pagar Horas Extras para cubrir turno generando los siguientes costos de la Tabla 44:

Tabla 44. Costos Horas Extras por Incapacidad. Fuente Autor.

Ítem	Costo Por Hora	Total Días	Total Horas Extras	Valor Total
Costo en Horas Extras	1610	186	1488	2.396.016

Instalando el sistema de transporte de Carbón automático de paletas de 1tn/hora se disminuye el personal requerido, las emisiones de carbón y mejoras los índices de accidentabilidad y frecuencia de la compañía, actualmente esta labor se realiza por 2 personas por turno y se ejecutan 4 turnos para un total de 8 personas, lo generaría un ahorro el cual se muestra en Tabla 45:

Tabla 45. Costo Generado por 8 personas. Fuente Autor.

Ítem	Costo Mensual	Cant. Personas	Cant. Meses	Valor Total al Año
Salario Actual de 1 persona con prestaciones Sociales	1.631.463	8	12	156.620.448

Es decir que la empresa tendría un ahorro por año de 161.391.584 pesos.

8.2 Costo del Proyecto

El costo del proyecto se realizó teniendo en cuenta el costo de ingeniería, costo de los elementos y los costos por servicios (Corte, Soldadura e instalación) ver Tabla 46, Tabla 47, Tabla 48, Tabla 49, Tabla 50 y Tabla 51.

Tabla 46. Cotizacion de Repuestos. Fuente Proveedor A.

COTIZACION REPUESTOS				
Descripción/Labor	Cant.	Und	Vr. Unitario	Vr. Total
Tubo sch 80 de 4" x 6mts	14	und	89.758	7.539.672
Tubo Sch 80 de 4" x 3,85mts	2	und	89.758	1.077.096
Tornillos 1/4" x 1"	120	und	58	6.960
Arandelas 1/4"	120	und	14	1.680
Tuercas 1/4"	120	und	30	3.600
Flanches 1/4" x 160 Diámetro con 4 perforaciones de 1/4"	35	und	32.000	1.120.000
Curva Superior en Aluminio	5	und	800.000	4.000.000
Curva Inferior Aluminio	5	und	800.000	4.000.000
Eje porta Polea Curva	5	und	125.000	625.000
Polea Curvas	5	und	320.000	1.600.000
Tapa de las Curvas	5	und	28.000	140.000
Cadena Din 763 Eslabón Largo Esp 8mm Paso 52mm	110	mts	35.000	3.850.000
Paletas Polietileno	773	und	80.000	61.840.000
Piño Motriz	1	und	820.000	820.000
Eje piñón Motriz	1	und	230.000	230.000
Polea Tensora	1	und	320.000	320.000
Eje Polea Tensora	1	und	230.000	230.000
Resorte Polea Tensora	2	und	250.000	500.000
Base Polea Tensora	1	und	280.000	280.000
Polea Guía	1	und	320.000	320.000
Eje Polea Guía	1	und	230.000	230.000
Silos de Descarga	12	Und	290.000	3.480.000
Motor 4HP x 1800	1	und	648.152	648.152
Reductor BOX 130 i:30	1	und	2.682.350	2.682.350
			Sub-Total	95.544.510
			IVA	19%
			Total	113.697.967

Tabla 47. Cotización de Servicios. Fuente Proveedor A.

COTIZACION SERVICIOS DE FABRICACION Y LABOR				
Descripción/Labor	Cant.	Und	Vr. Unitario	Vr. Total
Soldadura de Flanches a Ejes	16	und	90.000	1.440.000
Fabricación de Tolva Según Plano	1	Und	12.500.000	12.500.000
Fabricación de Caja de Transmisión de 1,8m x 0,65mx 0,325 m prof en lamina de ¼	1	Und	3.500.000	3.500.000
			Sub-Total	17.440.000
			IVA	19%
			Total	20.753.600

Tabla 48. Cotización de Montaje Estructural. Fuente Proveedor A.

COTIZACION DE MONTAJE				
Descripción/Labor	Cant.	Und	Vr. Unitario	Vr. Total
Instalación de sistema de transporte de Carbón	1	Und	22.000.000	22.000.000
			Sub-Total	22.000.000
			IVA	19%
			Total	26.180.000

Tabla 49. Cotización Sistema Eléctrico. Fuente Proveedor B.

COTIZACION SISTEMA ELECTRICO Y CONTROL				
Descripción/Labor	Cant.	Und	Vr. Unitario	Vr. Total
Instalación de sistema de eléctrico y control	1	Und	280.000.000	280.000.000
Obs. Incluye suministros de elementos eléctricos, bandejas, programación e instalación.			Sub-Total	280.000.000
			IVA	19%
			Total	333.200.000

Tabla 50. Costos de Ingeniería. Fuente Autor.

COSTO DE INGENIERIA				
Descripción/Labor	Cant.	Und	Vr. Unitario	Vr. Total
Diseño un sistema automático de transporte de carbón de 1 Tn/Hora mediante un transportador de Paletas.	1	Und	17.301.000	17.301.000
			Sub-Total	17.301.000
			IVA	19%
			Total	20.588.190

Tabla 51. Costo total del Proyecto. Fuente Autor.

PRESUPUESTO COSTO TOTAL PROYECTO				
Descripción/Labor	Cant.	Und	Vr. Unitario	Vr. Total
Sistema automático de transporte de carbón de 1 Tn/Hora mediante un transportador de Paletas.	1	Und	Sub-Total	432.285.510
Imprevisto: Para imprevistos se asigna un valor del 7% del valor total sin IVA del proyecto.			Imprevistos	30.259.986
			IVA	82.134.247
			Total	544.679.743

8.3 Recuperación de la Inversión

Con el costo total del proyecto de \$544.679.743 y los costos generados por la compañía en un año de \$245.434.596 se tiene que la inversión se recuperaría en 2.21 años es de recordar que este tiempo es sin incluir los costos de mantenimiento del equipo y piezas de recambio.

9 CONCLUSIONES

- Considerando una necesidad específica de una empresa productora de ladrillo cocido, fue propuesto una sistemática que integro teorías y herramientas para especificar una solución. En este sentido, la propuesta presentada cumple con los objetivos planteados.
- El desarrollo de este proyecto resalta el impacto de la automatización en aspectos ambientales, salud ocupacional y calidad del producto.
- El desarrollo del proyecto permitió conocer el funcionamiento y los componentes de un sistema de transporte por medio de paletas y estimaciones de parámetros de selección.
- La elaboración del proyecto nos permitió conocer diferentes soluciones de transporte de sólidos existentes en la industria, y lograr seleccionar la opción más adecuada para la industria ladrillera, garantizando la eficiencia y el cumplimiento de los estándares establecidos.
- Aunque en la actualidad los sistemas de paletas son una solución al transporte de materiales sólidos de las diferentes industrias, garantizando la dosificación de materiales de diferentes granulometrías minimizando los desperdicios y la manipulación del material a transportar, su uso en la aplicación de cocimiento de ladrillos en la región es mínimo. En este sentido, este documento se presenta como un soporte bibliográfico en la popularización de esta tecnología en la región.
- Finalmente, con el desarrollo de este proyecto se logra establecer que la inversión en tecnología y automatización de los procesos, se convierten en ganancias para las compañías y contribuyen con aspecto de gran importancia como la preservación del medio ambiente.
- Como trabajo a futuro se plantea la definición del proceso de fabricación y pruebas de funcionamiento. Adicionalmente, se recomienda estudiar técnicas de control para mejorar la dosificación del carbón.

BIBLIOGRAFIA

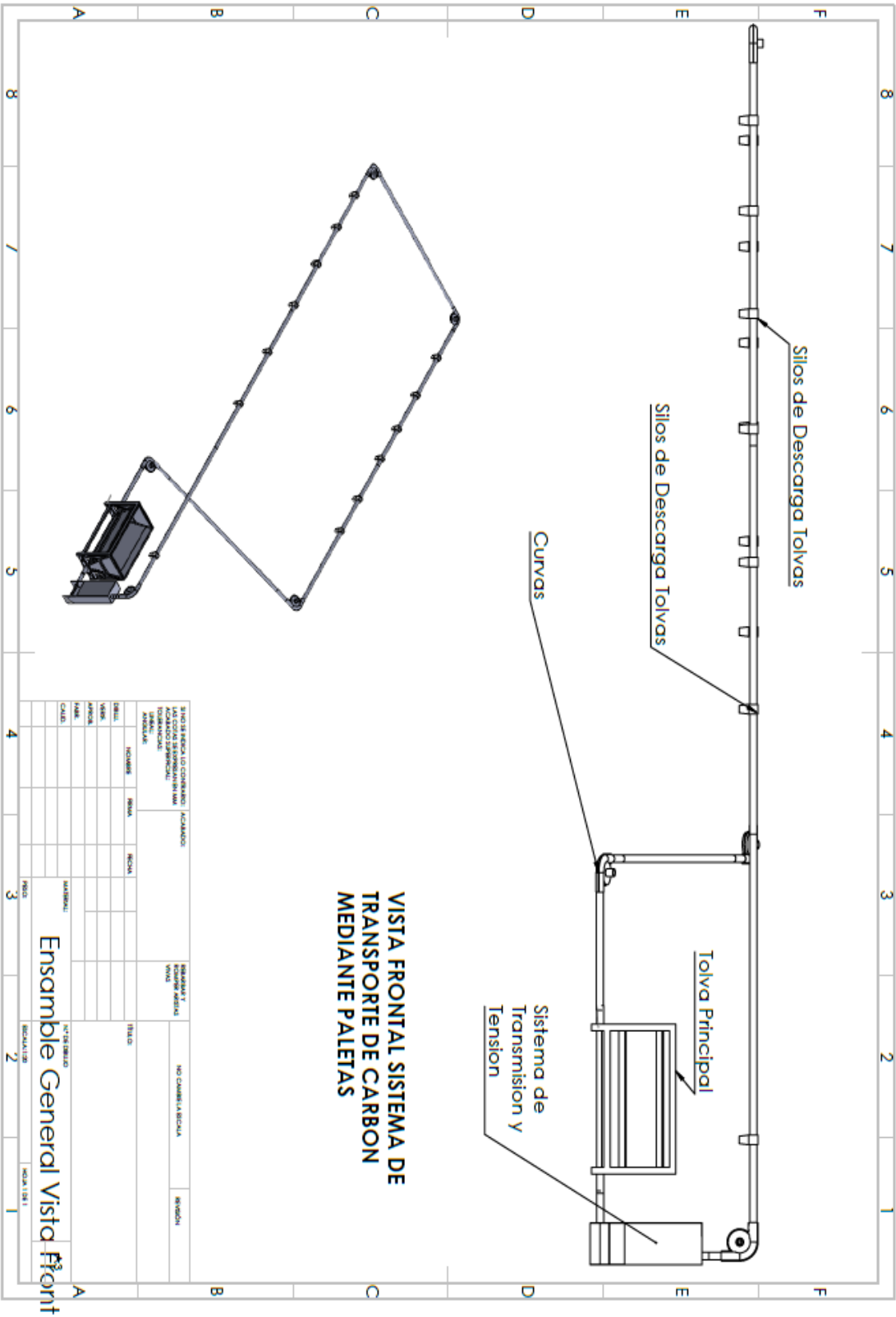
- Alvarez Romero, E., & Pueyo, D. (2017). *Integration Definition For Funcion Modeling (IDEF0)*. Obtenido de <http://dmi.uib.es/~burguera/download/IDEF0trabajo.doc>
- Bernini, R. (s.f.). *Tecnober SAS*. Obtenido de http://picbear.xyz/media/1673316056616535601_1944082926
- BOMALPRES. (2017). *BOMALPRES S.A.S*. Obtenido de <http://bomalpres.com/empack.html>
- CAMACOL. (15 de 11 de 2017). Obtenido de <https://camacolvalle.org.co/en-el-2018-el-sector-de-la-construccion-crecera-46/>
- DANE. (20 de 11 de 2017). Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/vivienda-vis-y-no-vis>
- Delgado, D. D. (2014). *Diseño de las cadenas de tracción del transportador*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/927-1705-1-SM%20(1).pdf
- GARIBELLO, J. (14 de 02 de 2018). ACCIDENTABILIDAD PROCESO HORNOS LADRILLERA MELENDEZ S.A.S. (F. MONTOYA, Entrevistador)
- KATIAK. (12 de 2013). *Catalogo de Cadenas*. Obtenido de http://www.katiak.com/catalogos/catalogo_cadenas.pdf
- KWS. (2019). Obtenido de <https://www.kwsmfg.com/engineering-guides/drag-conveyor/horsepower-calculation/>
- Maithel, U. H. (2015). *CLIMATE & CLEAN AIR COALITION*. Obtenido de http://www.redladrilleras.net/apps/manual_ccac/pdf/es/Horno-Tunel-Asia_Esp.pdf
- Mascayano, F. (2008). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/271952883/SELECCION-DE-MOTORREDUCTOR-ALGUNOS-CALCULOS-pdf>
- MOTIVE. (s.f.). *MOTIVE*. Obtenido de http://motive.it/cataloghi/BOX_catalogo_spa.pdf
- OSORIO, F. (10 de 05 de 2014). *EL TRANSPORTE DE SOLIDOS*. Obtenido de <http://transportedesolidos.blogspot.com/>
- REM. (2012). *REM*. Obtenido de <http://www.soltecna.com/doc/es-catalogo-rem-.pdf>
- Rodríguez Galbarro, H. (s.f.). *Ingemecanica*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>
- SERVICABLES. (2017). Obtenido de <http://www.servicables.com.mx/?sec=caracteristicas-cable-de-acero>

Serway, R. (1992). *Física*. McGraw-Hill.

Transporte de Sólidos. (05 de 2014). Obtenido de <http://transportedesolidos.blogspot.com.co/2014/05/otros-tipos-de-transportadores-mecanicos.html>

TUBISA. (2016). Obtenido de http://www.tubisa.com.pe/wordpress/wp-content/uploads/2017/06/Tubos-sin-Costura_Final_1.pdf

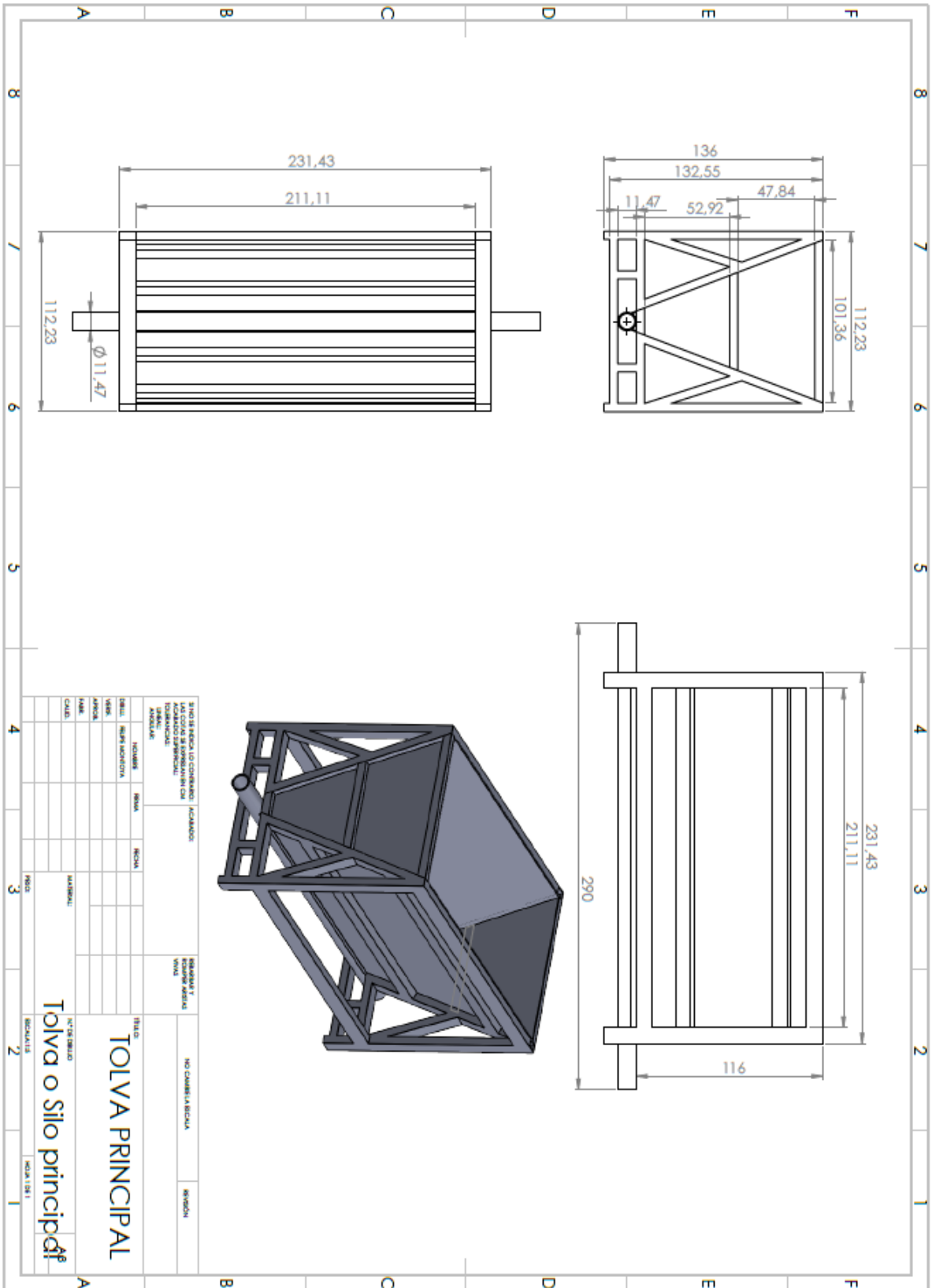
Anexo 1. Vista frontal sistema automático de transporte de Carbón de una 1tn/h mediante paletas.



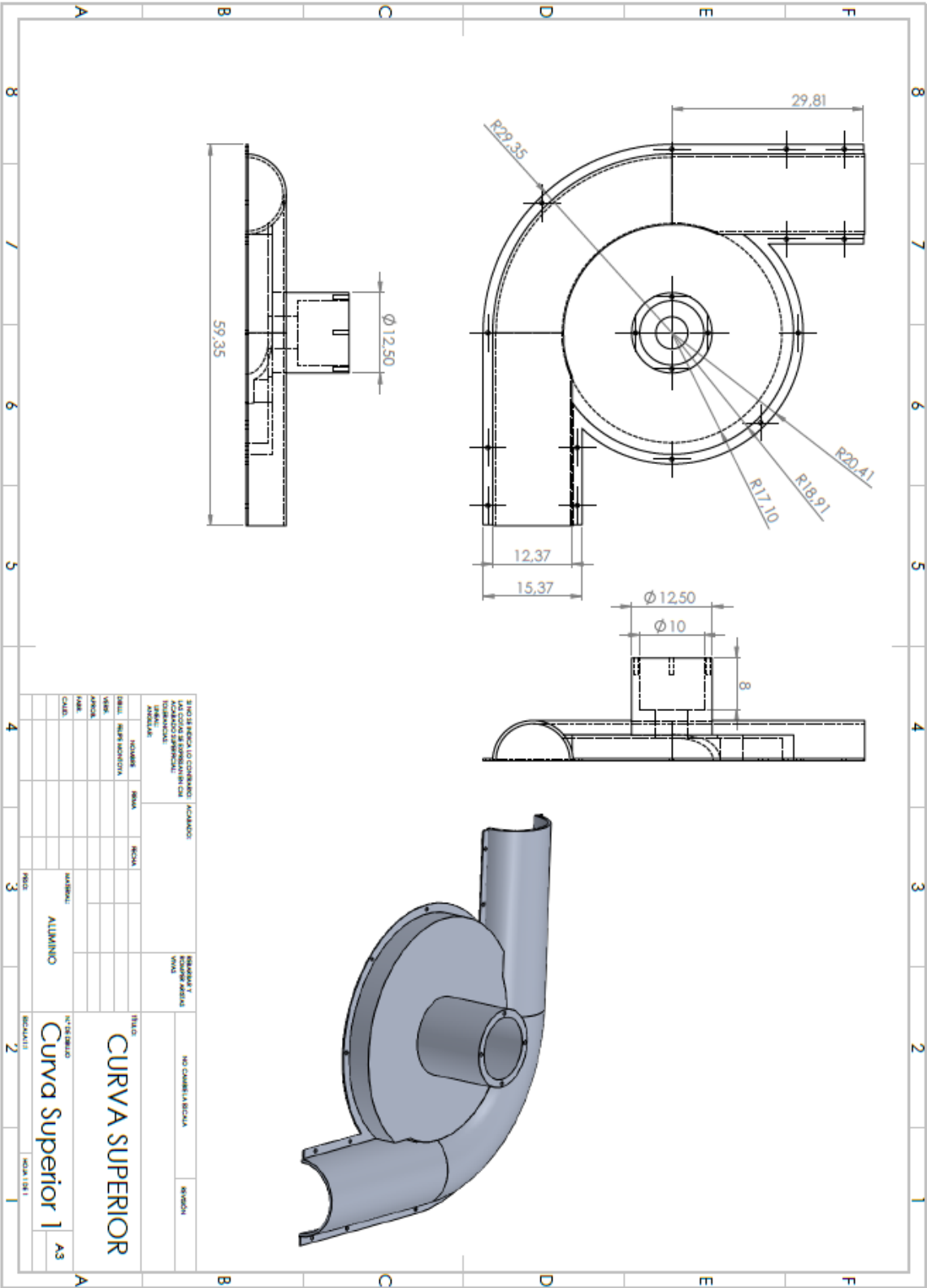
[illegible]

[illegible]

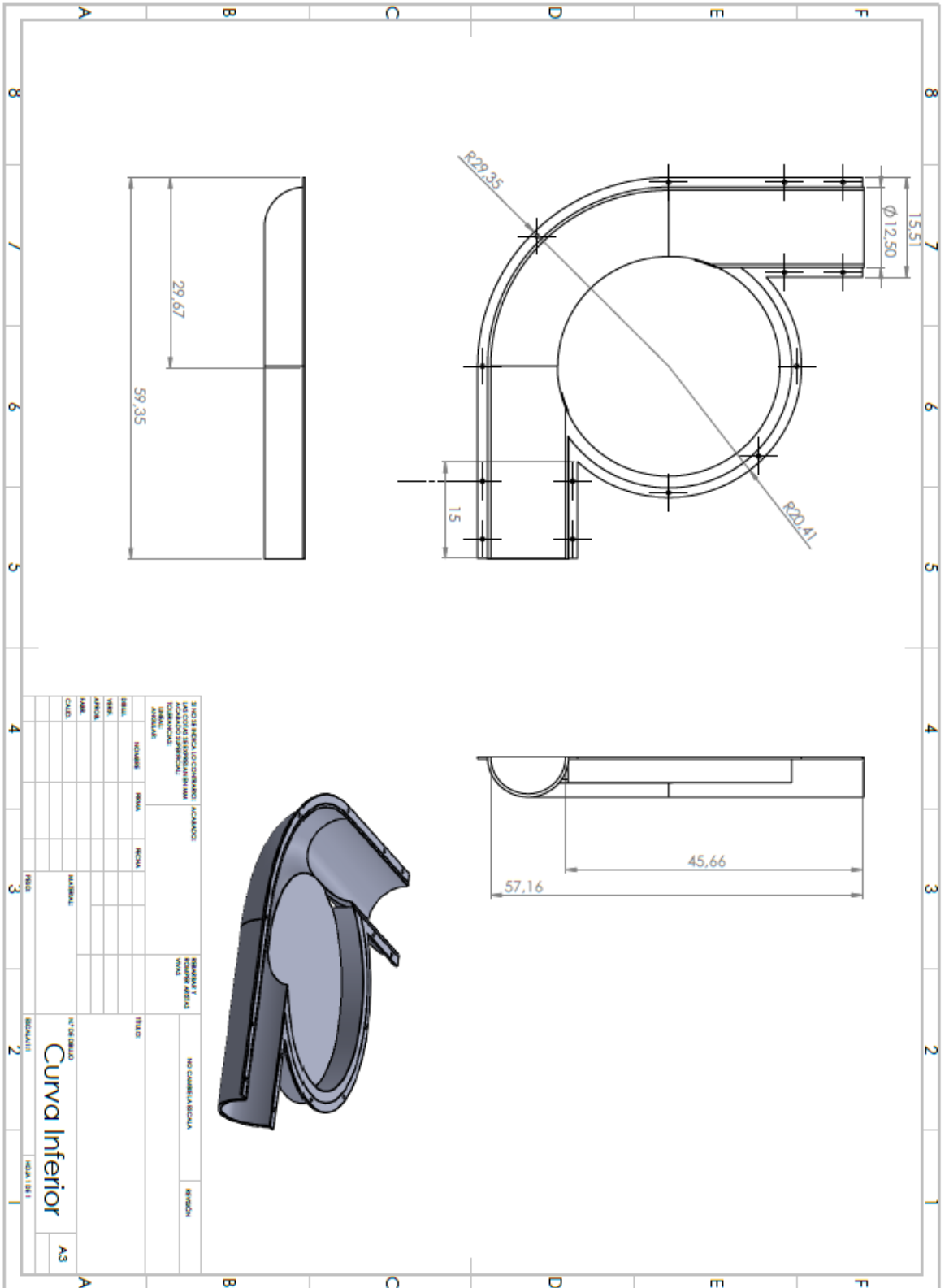
Anexo 4. Plano tolva



Anexo 5. Curva superior



Anexo 6. Curva Inferior



Technical drawing of a mechanical part, showing three views: front, top, and side.

Front View (Top): Shows a circular flange with two mounting holes. Dimensions include a total width of 37.80, a hole diameter of $\phi 14$, and a distance of 24 between the hole centers. The flange thickness is 7.

Top View (Left): Shows the side profile of the part. Dimensions include a total height of 26, a flange thickness of 10, and a central hole diameter of $\phi 14$.

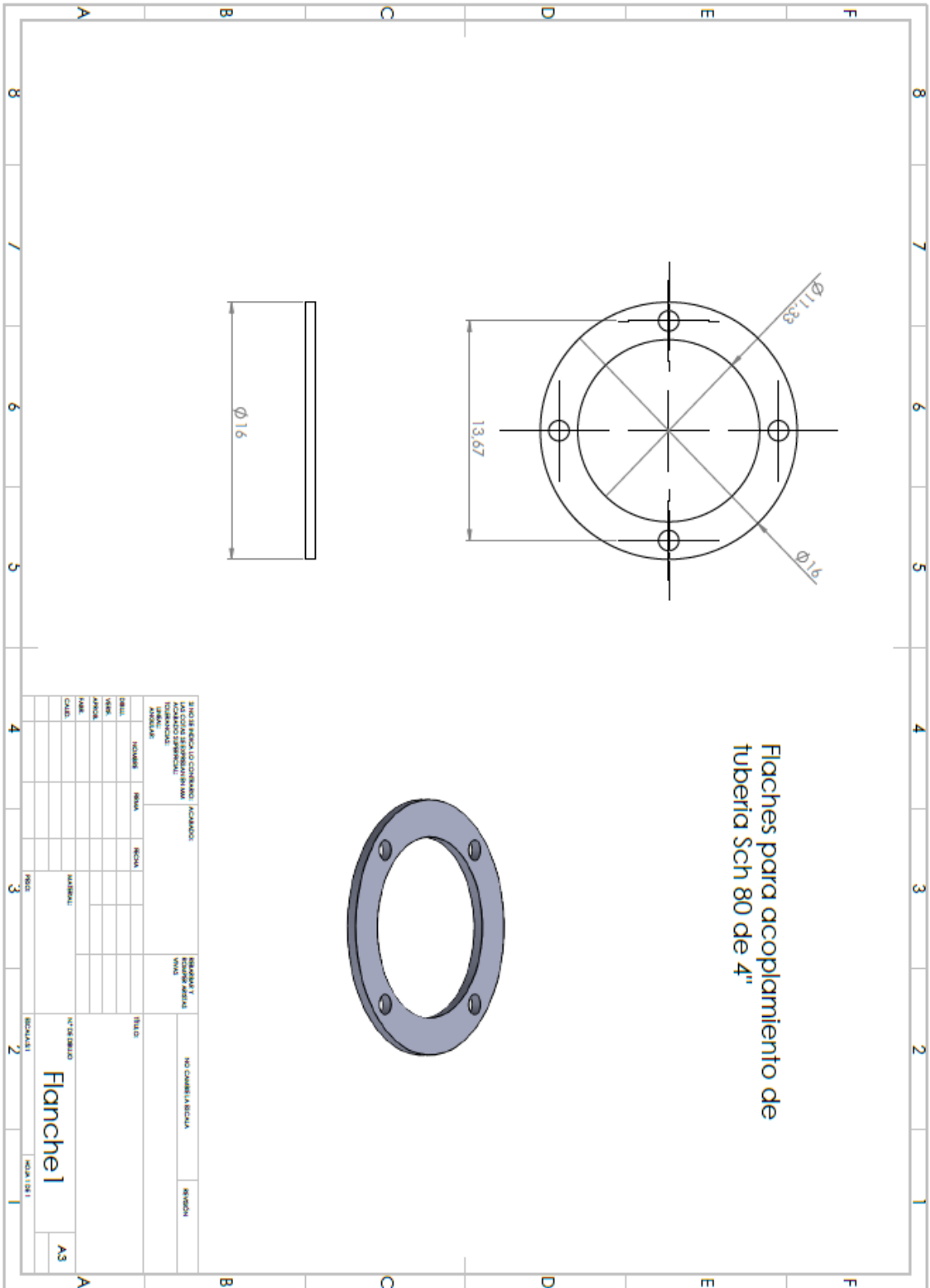
Side View (Right): Shows the end view of the part. Dimensions include a total width of 37.80, a hole diameter of $\phi 14$, and a distance of 24 between the hole centers. The flange thickness is 7.

Isometric View (Bottom): A 3D perspective view of the part, showing the flange, mounting holes, and central hole.

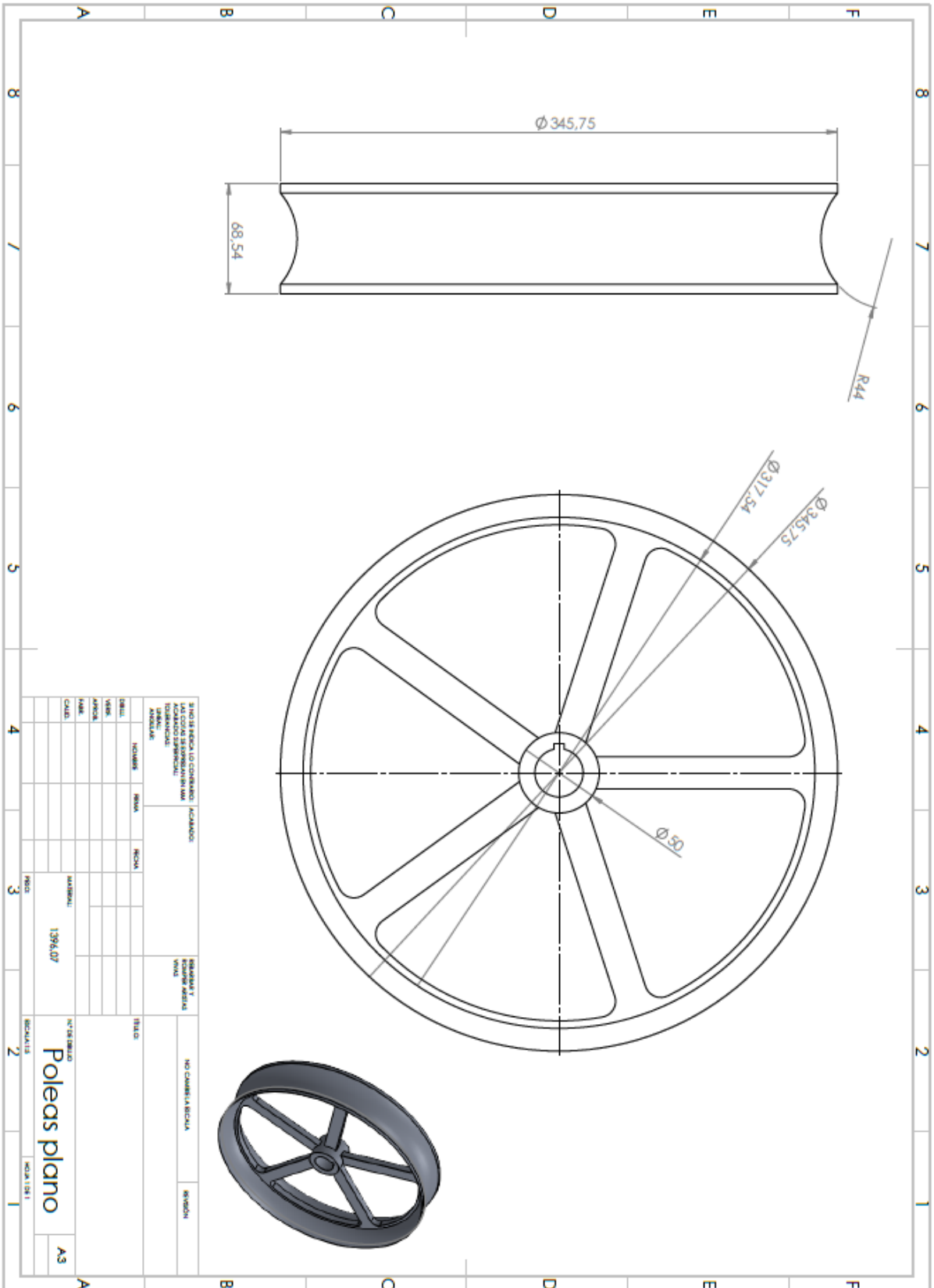
Table:

GENERAL INFORMATION				PART INFORMATION			
ITEM	DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT	ITEM	DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT
1	FLANGE	1	PC	1	FLANGE	1	PC
2	FLANGE	1	PC	2	FLANGE	2	PC
3	FLANGE	1	PC	3	FLANGE	3	PC
4	FLANGE	1	PC	4	FLANGE	4	PC
5	FLANGE	1	PC	5	FLANGE	5	PC
6	FLANGE	1	PC	6	FLANGE	6	PC
7	FLANGE	1	PC	7	FLANGE	7	PC
8	FLANGE	1	PC	8	FLANGE	8	PC
9	FLANGE	1	PC	9	FLANGE	9	PC
10	FLANGE	1	PC	10	FLANGE	10	PC
11	FLANGE	1	PC	11	FLANGE	11	PC
12	FLANGE	1	PC	12	FLANGE	12	PC
13	FLANGE	1	PC	13	FLANGE	13	PC
14	FLANGE	1	PC	14	FLANGE	14	PC
15	FLANGE	1	PC	15	FLANGE	15	PC
16	FLANGE	1	PC	16	FLANGE	16	PC
17	FLANGE	1	PC	17	FLANGE	17	PC
18	FLANGE	1	PC	18	FLANGE	18	PC
19	FLANGE	1	PC	19	FLANGE	19	PC
20	FLANGE	1	PC	20	FLANGE	20	PC
21	FLANGE	1	PC	21	FLANGE	21	PC
22	FLANGE	1	PC	22	FLANGE	22	PC
23	FLANGE	1	PC	23	FLANGE	23	PC
24	FLANGE	1	PC	24	FLANGE	24	PC
25	FLANGE	1	PC	25	FLANGE	25	PC
26	FLANGE	1	PC	26	FLANGE	26	PC
27	FLANGE	1	PC	27	FLANGE	27	PC
28	FLANGE	1	PC	28	FLANGE	28	PC
29	FLANGE	1	PC	29	FLANGE	29	PC
30	FLANGE	1	PC	30	FLANGE	30	PC
31	FLANGE	1	PC	31	FLANGE	31	PC
32	FLANGE	1	PC	32	FLANGE	32	PC
33	FLANGE	1	PC	33	FLANGE	33	PC
34	FLANGE	1	PC	34	FLANGE	34	PC
35	FLANGE	1	PC	35	FLANGE	35	PC
36	FLANGE	1	PC	36	FLANGE	36	PC
37	FLANGE	1	PC	37	FLANGE	37	PC
38	FLANGE	1	PC	38	FLANGE	38	PC
39	FLANGE	1	PC	39	FLANGE	39	PC
40	FLANGE	1	PC	40	FLANGE	40	PC
41	FLANGE	1	PC	41	FLANGE	41	PC
42	FLANGE	1	PC	42	FLANGE	42	PC
43	FLANGE	1	PC	43	FLANGE	43	PC
44	FLANGE	1	PC	44	FLANGE	44	PC
45	FLANGE	1	PC	45	FLANGE	45	PC
46	FLANGE	1	PC	46	FLANGE	46	PC
47	FLANGE	1	PC	47	FLANGE	47	PC
48	FLANGE	1	PC	48	FLANGE	48	PC
49	FLANGE	1	PC	49	FLANGE	49	PC
50	FLANGE	1	PC	50	FLANGE	50	PC
51	FLANGE	1	PC	51	FLANGE	51	PC
52	FLANGE	1	PC	52	FLANGE	52	PC
53	FLANGE	1	PC	53	FLANGE	53	PC
54	FLANGE	1	PC	54	FLANGE	54	PC
55	FLANGE	1	PC	55	FLANGE	55	PC
56	FLANGE	1	PC	56	FLANGE	56	PC
57	FLANGE	1	PC	57	FLANGE	57	PC
58	FLANGE	1	PC	58	FLANGE	58	PC
59	FLANGE	1	PC	59	FLANGE	59	PC
60	FLANGE	1	PC	60	FLANGE	60	PC
61	FLANGE	1	PC	61	FLANGE	61	PC
62	FLANGE	1	PC	62	FLANGE	62	PC
63	FLANGE	1	PC	63	FLANGE	63	PC
64	FLANGE	1	PC	64	FLANGE	64	PC
65	FLANGE	1	PC	65	FLANGE	65	PC
66	FLANGE	1	PC	66	FLANGE	66	PC
67							

Anexo 8. Flanche.



Anexo 9. Polea



Technical drawing of a silo for silage. The drawing includes three views: a front elevation, a top view, and a perspective view. The front elevation shows a square base with a side length of 30 units. The top view shows a square with a side length of 15 units. The perspective view shows the silo with a circular opening at the top. The opening has a diameter of 11.40 units. The silo is labeled 'Silo for silage'.

Anexo 11 Formulas para el calculo de cadenas

TRANSMISSION DE PUISSANCE

Tableau V. – Principales formules de calcul des chaînes de transmission.		
Diamètre primitif d'un pignon de z dents	$D_p = \frac{p}{\sin(\pi/z)}$	1
Effet polygonal sur la vitesse de la chaîne :		
– longitudinal	$v_{Bx} = \frac{p\omega}{2 \sin(\alpha/2)} \cos\left(\frac{\alpha}{2} - \theta\right)$	3
– transversal	$v_{By} = \frac{p\omega}{2 \sin(\alpha/2)} \sin\left(\frac{\alpha}{2} - \theta\right)$	5
Amplitude transversale due à l'effet polygonal	$H_t = \frac{p}{2} \tan(\alpha/4)$	6
Vitesse linéaire moyenne de la chaîne	$v = pz_1 N_1 / 60$ N₁ : velocidad de giro en r.p.m.	7
Effort utile	$F_u = P/v$	8
Effort centrifuge	$F_c = Mv^2$	9
Effort caténaire	$F_p = Mg \left(\frac{B^2}{8h} + h \right)$	10
	avec $h = \frac{1}{2} \sqrt{B'^2 - B^2}$	11
Réactions dans la zone engrenée :		
– du maillon n	$F_n = F_0 \left[\frac{\sin \varphi}{\sin(\alpha + \varphi)} \right]^n$	14
– de la dent n	$G_n = F_{n-1} \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \varphi)}$	15
Longueur du bras de levier de la réaction G	$L_n = \frac{D_p}{2} \cos\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)$	16
Fréquences excitatrices :		
– par tour de chaîne	$f_1 = \frac{z\omega}{2\pi L}$	17
– par effet polygonal	$f_2 = \frac{z\omega}{2\pi}$	18
– par excentration	$f_3 = \frac{\omega}{2\pi}$	19
Fréquences propres d'oscillations :		
– longitudinales	$f_{\ell} = \frac{k}{2B} \sqrt{\frac{R}{M}}$	21
– transversales	$f_{\lambda} = \frac{\lambda}{2B} \sqrt{\frac{F_0}{M}}$	22
Pressions de contact :		
– réelle (selon Hertz)	$p_s \max = \frac{0,838}{d} \sqrt{\frac{FEs}{\ell}}$	27
– conventionnelle	$p_s = \frac{F}{d \ell}$ d : diamètre del perno ℓ : longitud del casquillo	28
Vitesse économique	$v_e = \sqrt[3]{\frac{P}{2M}}$	32

Anexo 12 Tabla de presiones máximas admisibles en articulaciones de cadenas.

Pression conventionnelle maximale dans les articulations (en MPa).				
p (mm) N (tr/min) (1)	8,525-12,7	15,875 19,05-25,4	31,75-38,1 44,45-50,8	63,5-76,2
10	64	51	45	38
25	57	45	39	33
50	48	39	34	29
75	44	35	30	26
100	39	31	27	23
150	35	28	24	21
200	33	26	23	19
250	31	25	22	18
300	30	24	21	17
400	28	22	19	16
500	27	21	18	
750	24	19	17	
1 000	22	18	15	
1 500	20	16		
2 000	17	14		
2 500	15	12		
3 000	14	11		
4 000	10			
5 000	7			

(1) N : vitesse de rotation d'un pignon de 19 dents.

Anexo 13 Resistencia a la rotura de cables

TABLA DE RESISTENCIA A LA RUPTURA Y PESOS DE LOS CABLES MAS USUALES

GALVANIZADO	TONINA		BARRACUDA		ANGULA		MERLUZA							
NEGRO	COBRA		BOA		SUPERFLEX		CASCABEL		ELEFANTE		ELEFANTE		ELEVADOR	
CLASIFICACIÓN	6X19		6X19		6X36		6 X 36		19X7		18X7		8X19 - 8X25	
	ARADO EXTRAMEJORADO		ARADO EXTRAMEJORADO		ARADO EXTRAMEJORADO		ARADO EXTRAMEJORADO		ARADO EXTRAMEJORADO		ARADO EXTRAMEJORADO			
ALMA	FIBRA		ACERO		FIBRA		ACERO		ACERO		FIBRA		FIBRA	
DIAMETRO	RESISTENCIA A LA RUPTURA / TONS. METRICAS	PESO KG / ML	RESISTENCIA A LA RUPTURA / TONS. METRICAS	PESO KG / ML	RESISTENCIA A LA RUPTURA / TONS. METRICAS	PESO KG / ML	RESISTENCIA A LA RUPTURA / TONS. METRICAS	PESO KG / ML	RESISTENCIA A LA RUPTURA / TONS. METRICAS	PESO KG / ML	RESISTENCIA A LA RUPTURA / TONS. METRICAS	PESO KG / ML	RESISTENCIA A LA RUPTURA / TONS. METRICAS	PESO KG / ML
1/8"														
3/16"														
1/4"	2.7	0.16	3.1	0.18	2.7	0.16	3.1	0.18						
5/16"	4.3	0.24	4.8	0.27	4.3	0.24	4.8	0.27					2.86	0.213
3/8"	6.1	0.36	6.9	0.39	6.1	0.36	6.9	0.39	6.25	0.4			4.48	0.33
7/16"	8.3	0.48	9.2	0.52	8.3	0.48	9.2	0.52	8.46	0.55			5.42	0.41
1/2"	10.7	0.63	12.1	0.68	10.7	0.63	12.1	0.68	9.8	0.67	9.8	0.64	7.57	0.56
9/16"	13.5	0.79	15.2	0.88	13.5	0.79	15.2	0.88	12.3	0.86	12.3	0.82		
5/8"	16.6	0.98	18.7	1.07	16.6	0.98	18.7	1.07	15.2	1.06	15.2	1.01	11.5	0.86
3/4"	23.8	1.41	26.7	1.55	23.8	1.41	26.7	1.55	21.8	1.52	21.8	1.44	16.2	1.22
7/8"	32.1	1.92	36.1	2.11	32.1	1.92	36.1	2.11	29.5	2.07	29.5	1.96		
1"	41.7	2.5	46.9	2.75	41.7	2.5	46.9	2.75	38.3	2.71	38.3	2.57		
1-1/8"	52.4	3.17	59	3.48	52.4	3.17	59	3.48	48.2	3.42	48.2	3.26		
1-1/4"	64.5	3.91	72.5	4.3	64.5	3.91	72.5	4.3	59.1	4.23	59.1	4.02		
1-3/8"	77.6	4.73	87.1	5.21	77.6	4.73	87.1	5.21	71.1	5.1	71.1	4.87		
1-1/2"	91.6	5.63	103	6.19	91.6	5.63	103	6.19	84.2	6.07	84.2	5.79		
1-5/8"	107	6.61	120	7.26	107	6.61	120	7.26						
1-3/4"	124	7.66	139	8.44	124	7.66	139	8.44						
1-7/8"	142	8.8	158	9.67	142	8.8	158	9.67						
2"	160	10	180	11	160	10	180	11						
2-1/8"	179	11.3	200	12.4	179	11.3	200	12.4						
2-1/4"	200	12.7	224	13.9	200	12.7	224	13.9						
2-3/8"			249	15.5	208	14.1	249	15.5						
2-1/2"	221	15.6	274	17.3	221	15.6	274	17.3						

Anexo 14. Angulo Interno de Fricción para Diseño de Tolvas

TABLE 2 CHARACTERISTICS OF BULK MATERIALS

Blog: MECANOTECNIA
(Clause 5.3)

MATERIAL	AVERAGE BULK DENSITY <i>W</i>	CLASS	ANGLE OF INTERNAL FRICTION ϕ Min
(1)	(2)	(3)	(4)
	kg/m ³		Degree
Ammonium chloride, crystalline	830	B26LP	30-45°
Ammonium nitrate	720-1 000	B27NLS	25°
Ammonium sulphate	720-920	B26N	32-45°
Ashes, coal, dry, 12 mm and under	560-640	C37	40°
Ashes, coal, dry, 75 mm and under	560-640	D37	38°
Ashes, coal, wet, 12 mm and under	720-800	C27PZ	52°
Ashes, coal, wet, 75 mm and under	720-800	D37PZ	50°
Asphalt, crushed, 12 mm and under	720	C26	30-45°
Benzine hexachloride	890	A36R	45°
Bicarbonate of soda	650	A26	30°
Calcium carbide	1 120-1 280	D27	30-45°
Carbon black, pelletized	320-400	B16TZ	28°
Carbon black powder	600-900	A17WZ	21°
Cinders, blast furnace	910	D38	35-45°
Cinders, coal	640	D28	35-45°
Coal, anthracite	830-960	C27P	30-45°
Coal, pulverized	510-560	—	—
Coal, powdered	800-960	—	—
Coal, bituminous, mined, run of mine	800	D26P	35°
Coal, bituminous, mined, sized	900-910	D26PT	22-31°
Coal, bituminous, mined, slack 12 mm and under	640-800	C36P	29-45°
Coal, bituminous, stripping, not cleaned	800	D37P	45°
Coal char	380	B27sY	30-45°
Coke loose	360-510	D38FX	27-45°
Coke breeze	400-560	—	>45°
Cement	1 550	—	25°
Cement clinker	1 650	—	35-37°

(Continued)