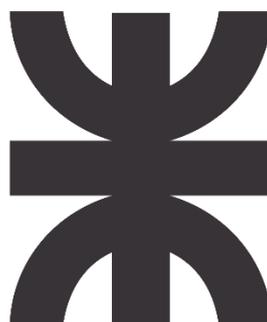


Proyecto Final 2020-2021

Ingeniería Básica

Mejora de Proceso Carga de Mezcladoras



UTN|FRGP

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL GENERAL PACHECO

GRUPO 5

ANDRE GAONA – BARREIRO – CÓRDOBA – CRESPO – SECCHI

Índice

Introducción	2
Factibilidad Económica/Financiera	4
Factibilidad Tecnológica	32
Factibilidad Legal	46
Uso Pretendido del Producto	60
Análisis FODA.....	60
Mejora de Proceso Productivo	66
Estudio de Lay-out.....	70
AMFE	77
AMFE del Nuevo Proceso Productivo.....	77
AMFE de la Cinta Transportadora.....	88
AMFE del Carro Tripper	96
AMFE de los Silos.....	104
AMFE de los Tornillos Dosificadores	112
Plano de Conjunto.....	123
Cálculo y Selección de Componentes	125
Material a Transportar.....	125
Tornillos Dosificadores.....	126
Cinta transportadora.....	143
Selección de Motorreductores.....	181
Selección de Acoplamientos	189
Silos de almacenaje.....	193
Sistema de Control.....	204
RCM y Mantenimiento	210
Planificación de Validación del Producto	213
Conclusiones	218
Bibliografía	219
Glosario de Símbolos	222

I. Introducción

Contexto

Cuaribar S.A. es una empresa nacional ubicada en Tortuguitas, Buenos Aires, que se dedica a la producción de materiales y estructuras metálicas refractarias. Actualmente consta de una planta permanente de 30 empleados (considerando operarios y administrativos), los cuales logran satisfacer completamente la demanda trabajando en un turno, cinco días a la semana.

La planta se encuentra instalada en un predio de 20.000 m², con una superficie cubierta de 5.000 m² que albergan la Fábrica, el Laboratorio de Control de Calidad y Desarrollo de Materiales y las Oficinas Administrativas.

Básicamente, la empresa posee tres unidades de negocio:

- Fabricación de Materiales y Cerámicas Refractarias a pedido.
- Fabricación de Estructuras Metálicas Refractarias.
- Construcción de Piezas Moldeadas a pedido.

De esta manera sus principales clientes resultan grandes y pequeñas acerías dentro de todo el país, así como también petroleras.

Resulta importante resaltar que, dentro del presente proyecto de mejora de proceso, sólo se tendrá en cuenta la unidad de negocio referida a la Fabricación de Materiales y Cerámicas Refractarios a pedido.

Problemática

Dentro de la unidad de negocios de Fabricación de Materiales y Cerámicas Refractarios a pedido el proceso productivo presenta claras oportunidades de mejora en cuanto al tiempo, el costo e inclusive la seguridad. Dentro del trabajo se explica en detalle el proceso actual y se remarcan detalladamente las oportunidades de mejora que éste presenta con el fin de buscar la forma de diseñar un proceso superador.

Un ejemplo de esto es el sistema logístico dentro de la planta basado principalmente en el traslado y la manipulación de bolsones de material mediante autoelevadores, no solo para su almacenamiento sino también para su mezclado dentro del proceso. Se analizó la posibilidad de disminuir el uso de bolsones para obtener un proceso más fluido, con un menor tiempo de proceso y con un menor costo basado en el ahorro del combustible utilizado por los autoelevadores.

Otro punto relacionado con lo mencionado anteriormente es la disposición actual de la planta, a partir de la cual se realizó un estudio de Layout con el objetivo de idear una organización más eficiente que reduzca las distancias recorridas en el proceso y que a su vez facilite el flujo de materiales.

Objetivos

El objetivo del presente trabajo es proponer una mejora para el proceso productivo de fabricación de materiales y cerámicas refractarias basado en el análisis integral de la problemática y en el diseño de un sistema que mejore las condiciones encontradas. Para esto es necesario considerar las factibilidades económica, tecnológica y legal para poder asegurar conceptos clave como la rentabilidad, la seguridad y la eficiencia en la mejora propuesta.

II. Factibilidad Económica/Financiera

Impacto Económico de la Mejora en los costos de Producción

Sector Trituración

Proceso Actual

El proceso actual de Trituración se realiza en promedio 2 veces a la semana, durante toda la jornada aproximadamente. El camión con material a granel viene una vez a la semana e ingresa a la planta 30 toneladas del material a moler, lo que implica una molienda mensual de aproximadamente 120 toneladas.

El proceso involucra a dos operarios, uno abocado al funcionamiento de las máquinas y el otro transporta, mediante autoelevador, los bolsones llenos del material molido a su sector de Stock correspondiente. Se obtienen tres granulometrías diferentes: gruesa, media y fina, las cuales son almacenadas en bolsones de una tonelada en su sector del depósito correspondiente. Teniendo en cuenta que todas las granulometrías se usan aproximadamente en la misma proporción, puede estimarse que se muelen 20 toneladas de cada una mensualmente.

Mejora Propuesta

Nuestra mejora se basa en, mediante un sistema de transporte de materiales, conectar las tres descargas de trituración a unos silos contenedores de materiales que se encuentren listos para cargar las mezcladoras. De esta forma, se eliminan completamente del proceso:

- Autoelevador
- Operario a cargo del autoelevador
- Bolsones

Así es como el proyecto plantea las siguientes posibilidades de mejora

Concepto a Mejorar	Modificación	Mejora
Tiempo de Proceso	NO	El tiempo del proceso se mantiene constante
Cantidad de Operarios	SI	El sistema permitiría operarse con un solo operador (encargado de operar las máquinas de molienda)
Uso de auto elevador	SI	Se elimina completamente
Uso de bolsones	SI	Se eliminan completamente
Producción	NO	El sistema de transporte no afecta la velocidad ni cantidad producción

Tabla 2.1. – Oportunidades de Mejora del Proyecto

Sector Molienda

Proceso Actual

El proceso actual de molienda se realiza en promedio 2 veces a la semana, durante toda la jornada aproximadamente.

El proceso involucra a dos operarios, uno que se encarga de cargar y operar el molino de rodillos y otro que realiza la misma tarea con el molino de bolas. A su vez, uno de ellos utiliza el autoelevador para mover los bolsones de material hacia el depósito.

De cada molino se obtiene una nueva granulometría, una superfina (rodillos) y otra extrafina (bolas), de las cuales se obtiene, análogamente a las anteriores, 20 toneladas mensuales.

Mejora Propuesta

La mejora se basa en, de la misma manera que el caso anterior, utilizar un sistema de transporte de materiales para conectar ambas descargas de máquinas a dos nuevos silos contenedores, que se encuentren listos para cargar las mezcladoras. De esta forma, nuevamente se vuelven a eliminar del proceso:

- Autoelevador
- Operario
- Bolsones

Se encuentran las siguientes oportunidades de mejora

Concepto a Mejorar	Mejora
Tiempo de Proceso	NO, el tiempo del proceso se mantiene constante, pero se reduce el tiempo de stock
Cantidad de Operarios	SI, el sistema permitiría operarse con un operador
Autoelevador	SI, se elimina completamente
Bolsones	SI, se eliminan completamente
Producción	NO, se mantiene constante

Tabla 2.2. – Oportunidades de Mejora para el Sector de Molienda

Sector Mezclado

Proceso Actual

El proceso de mezclado tiene una duración total de aproximadamente 29 minutos, en dónde más de 20 de los mismos son debido a la carga manual de las mezcladoras. A cada una entran en promedio de cuatro a cinco materiales distintos, con la particularidad que todos los productos finales se encuentran compuestos con la materia prima que se procesa en molienda y, a su vez, resulta siempre el elemento de mayor proporción en la mezcla (60% en peso promedio).

En el proceso participan cinco operarios, de los cuales 2 controlan las mezcladoras, 2 cargan los Skid y el restante opera el autoelevador.

La producción estimada es de siete toneladas por máquina diarias (el proceso actual no permite que dos máquinas funcionen a la vez, por lo menos con la cantidad de operarios actuales).

Mejora Propuesta

En función de las anteriores mejoras, el proyecto se basa en unir, mediante otro sistema de transporte, la carga de las máquinas con los silos en donde se acumula el material molido o triturado (o ambos). De esta manera, mediante un sistema de dosificación que tendrá cada salida de los silos, todo el material molido internamente y necesario para el lote de producción se

dispondrá en un único bolsón, el cual será transportado y descargado en las mezcladoras utilizando el autoelevador.

Así es como se encuentran las siguientes oportunidades de mejora:

Concepto a Mejorar	Mejora
Tiempo de Proceso	SI, se reduce el tiempo de carga del componente más lento y de mayor peso.
Cantidad de Operarios	NO, uno de los operadores que carga el skid ahora tendrá que operar el sistema de dosificación, por lo que la cantidad de operarios será la misma.
Autoelevador	SI, se elimina el componente que mayor distancia hace recorrer al autoelevador, aunque el mismo se sigue usando.

Tabla 2.3. – Oportunidades de Mejora para el Sector de Mezclado

Mejoras Generales

Mantenimiento

Los autoelevadores son la principal maquinaria a la que se le realizan mantenimientos correctivos y preventivos. La sustancial disminución del uso de los mismos (2 procesos lo eliminan completamente y 1 reduce sus horas de uso a la mitad prácticamente) traerá aparejada una importante reducción tanto en los costos de mantenimiento como así también en los de combustible.

Seguridad

El autoelevador resulta la maquinaria que mayor riesgo presenta en un ambiente industrial. La empresa posee, debido a su elevado uso, aproximadamente 1 accidente al año, al que se le suman en promedio otra licencia debido al gran esfuerzo físico que implica el movimiento de bolsones y la carga a mano de las mezcladoras.

Esto se traduce en aproximadamente 15 días de licencias al año, lo que implica que la empresa durante esos días debe pagar sueldos por personal que no se encuentra realizando tareas.

Nuestras mejoras implican, como se menciona anteriormente, no sólo una sustancial reducción del uso del autoelevador, sino también una importante reducción de la fuerza física realizada por los operarios. Ambos conceptos pueden traducirse en futuras disminuciones de la cantidad de días de licencia al año.

Luego de introducir los beneficios de la mejora propuesta se procede a detallar el estudio que la misma traerá aparejada en los costos de la empresa.

Estudio de costos:

1.Reducciones:

Según las características de nuestro proceso, y de acuerdo a las mejoras propuestas, se logra una reducción en los siguientes costos:

	Clases	
	Tipos	Indicadores/Subtipos
COSTOS	Operativos	Costo de mano de obra

		Costo de producto final	
		Costo de uso de autoelevador	
		Costos de Servicios	
	Mantenimiento		Costo Mezcladoras
			Costo Autoelevadores
	Seguridad		Costo de accidente
			Costo asociado a A.R.T, etc

Tabla 2.4. – Reducción de Costos

Para poner valores representativos de costos, y el impacto de la mejora en la producción, debemos alcanzar valores de U\$D por TONELADA de producto realizado. Para hallar un valor de toneladas actuales de producción para realizar los cálculos, se tomaron datos de 3 periodos de producción distintos, alcanzando un valor promedio de **146 TON**.

1.1 Costos mantenimiento:

A continuación, se presenta el estudio de costos respecto al mantenimiento en equipos. Para ello, se toman los costos referidos al mantenimiento como fijos y se propone que, de aplicarse la mejora, podrá reducirse como mínimo la plantilla de mantenimiento en un operario, el cual pasará al sector de la empresa que se dedica a la fabricación de estructuras metálicas refractarias.

Nos basamos en los siguientes argumentos para tomar la decisión de la reducción de operarios:

- La mejora permitirá reducir la cantidad de autoelevadores de 8 a 4, debido a una reducción de aproximadamente el 65% en el uso de los mismos.
- Actualmente se emplean 60,17 hs mensuales de mantenimiento correctivo únicamente en los autoelevadores. De esta forma, la mejora permitirá reducir, en principio, este número a 21,06 hs.
- Si bien la mejora contempla la implementación de una cinta transportadora, silos de material y tornillos dosificadores, los mismos resultan maquinaria y equipos estáticos y nuevos. De esta manera, y durante el inicio de su vida, la confiabilidad de ellos será muy superior a la de los autoelevadores actuales. Igualmente, se debe tener muy en cuenta como parámetro de diseño del proyecto el bajo costo de mantenimiento de la nueva instalación.

De esta forma, se establecen los siguientes cálculos:

Concepto	Valor actual	Valor (con mejora)	Unidad	Diferencia
Operarios de Mantenimiento	6	5	un	-1
Horas Mensuales	160	160	hs	
Horas Hombre Mensuales	960	800	hs	-160
Costo Hora Hombre	8,6	8,6	u\$D/h	
Costo Mantenimiento Mensual	8256	6880	u\$D	-1376

Tabla 2.5. – Reducción de Costos en Mantenimiento.

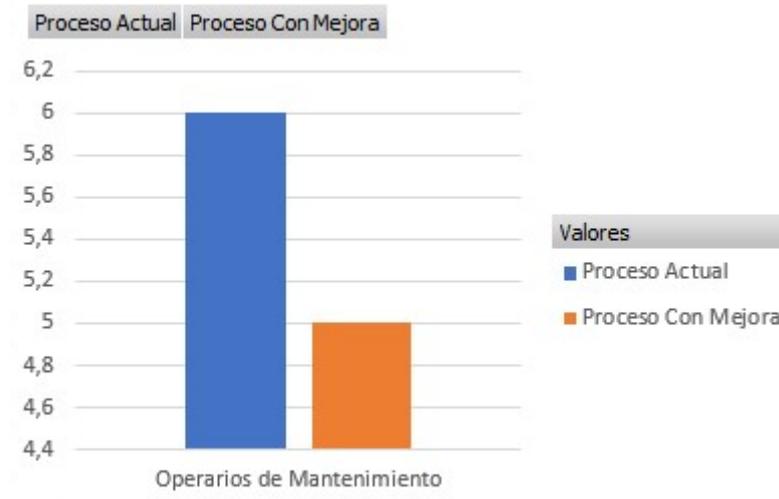


Gráfico 2.1. – Reducción de Operarios en Mantenimiento.

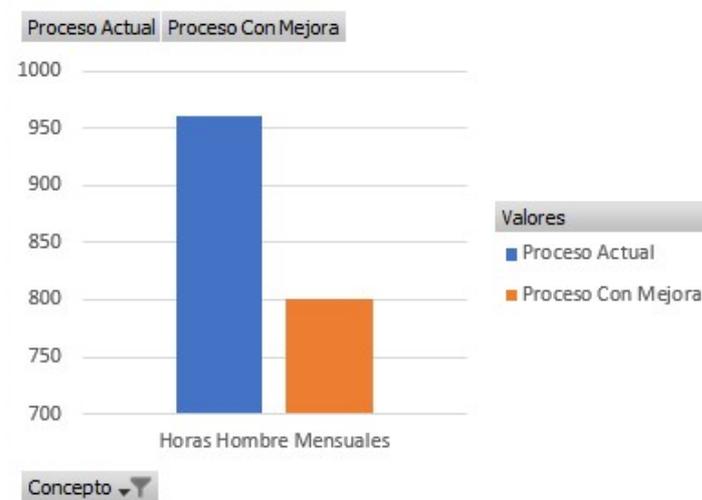


Gráfico 2.2. – Reducción Horas Hombre [hs]

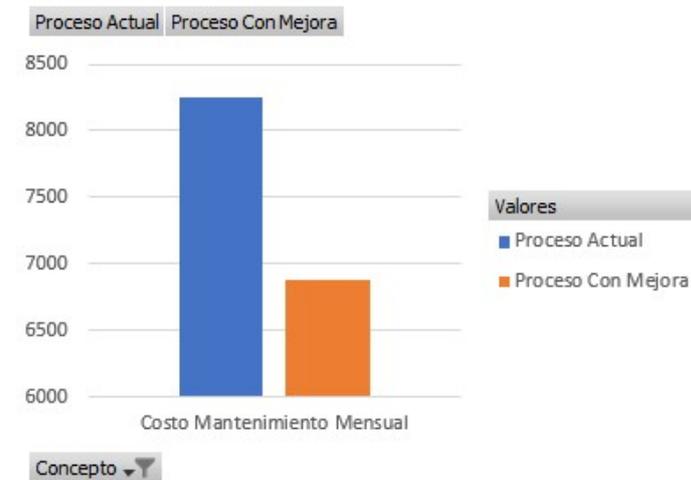


Gráfico 2.3. – Reducción Costo Fijo [u\$]

Como resultado de la mejora se obtiene una reducción de **1376 USD** mensuales en costos de mantenimiento.

1.2 Costos consumo de autoelevadores:

Para poder estimar los costos de la utilización de los autoelevadores, se toman como referencia 3 periodos de producción, previamente mencionados, para obtener un valor productivo más representativo. También se debe conocer que cada tipo de producto utiliza distintos autoelevadores, por lo cual se tienen en cuenta los consumos específicos de cada uno. Es importante señalar que, si bien la empresa posee ocho autoelevadores, solo cuatro se utilizan en el circuito de mezclado analizado.

Autoelevador	Marca	Modelo	Capacidad de carga (kg)	Consumo de Combustible (l/h)
N°3	Yale	D835M	3000	3.2
N°6	Yale	GDP20AK	2000	2.7
N°7	Yale	GDP055VXYYYSE084	2300	3
N°8	Yale	GDP055VXYYYSE084	1650	3.11

Tabla 2.6. – Datos Autoelevadores

Autoelevadores	Horas de uso (hs)			Toneladas producidas			Consumo Específico (l/h)	Consumo (lts)		
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	1	2	3		1	2	3
N°1	0	0	1	155	130	153		0	0	0
N°2	6	13	15					0	0	0
N°3	7	49	24				3.2	22.4	156.8	76.8
N°4	0	8	3					0	0	0
N°5	2	5	6					0	0	0
N°6	35	39	36				2.7	94.5	105.3	97.2
N°7	54	39	33				3	162	117	99
N°8	87	103	77				3.11	270.57	320.33	239.47
Totales Producción	191	256	195					549.47	699.43	512.47
Promedio de Uso mensual (hs):								214		
Precio Combustible (u\$d/lts)								0.80		
Costo del combustible por periodo (u\$d)								441.04	561.41	411.341202

Costo Unitario por periodo (u\$/ton)	2.85	4.32	2.69
Promedio Costo Unitario actual (u\$/ton):	3.28		
Reducción de C. Variables con mejora (u\$/ton)	2.13		
Diferencia (u\$/ton)	-1.15		

Tabla 2.7. – Datos de Producción y Reducción de Utilización de Autoelevadores.

Se obtiene una reducción de costos variables de utilización de autoelevadores de **2.13 u\$D/ton**, teniendo en cuenta una reducción del 65% en utilización de los mismos.

1.3 Costo de Mano de Obra

Como se mencionó al inicio, la mejora permitirá reducir el número de operarios presentes en el sector de Trituración y Molienda. El operario no será despedido, sino que pasará a formar parte del sector de Mezclado cubriendo un puesto que actualmente se encuentra vacante debido a una licencia, y luego, a futuro, se planteará la posibilidad de que ambos sectores compartan los costos. De esta manera, se calcula lo siguiente:

Mano de Obra				
Concepto	Valor Actual	Valor con Mejora	Unidad	Diferencia
Operarios	5	4	un	-1
Horas Mensuales	160	160	hs	
Horas Hombre Mensuales	800	640	hs	-160
Costo Hora Hombre	10,5	10,5	u\$D/hs	
Costo Operarios Mensual	8400	6720	u\$D	-1680

Tabla 2.8. – Reducción Costos de Mano de Obra

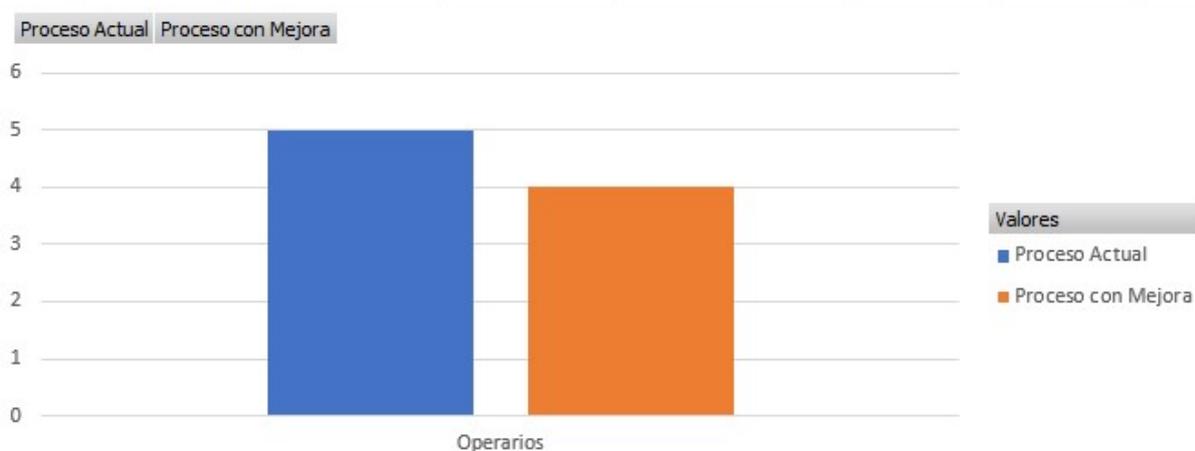


Gráfico 2.4. – Reducción de Operarios



Gráfico 2.5. – Reducción Horas Hombre Mensuales [hs]

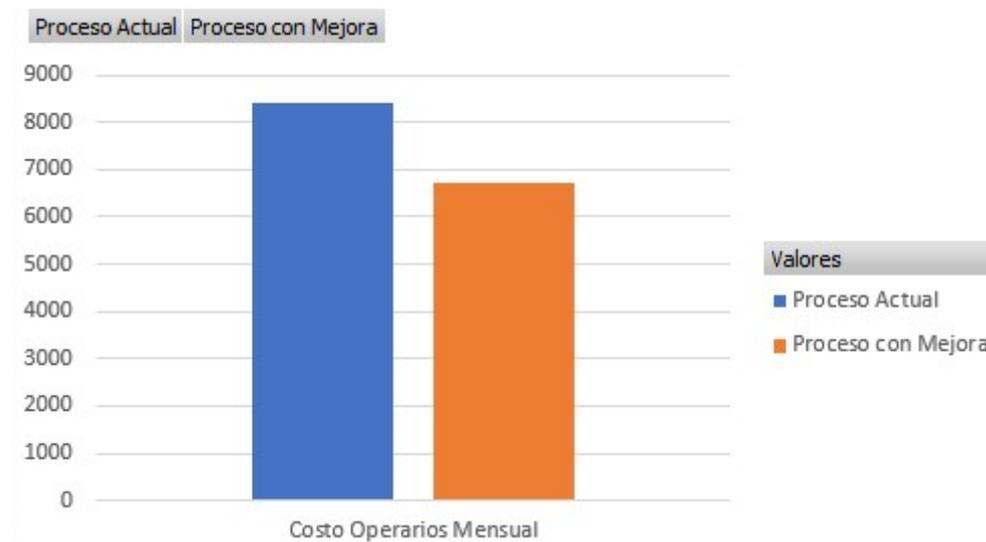


Gráfico 2.6. – Reducción Costo Operarios Mensual [u\$d]

Como resultado de la mejora se obtiene una reducción de **1680 USD** mensuales en costos de mano de obra.

2. Integración de costos e impacto final:

Para el cálculo de costos e impacto final, estimamos que la mejora permite reducir los tiempos de producción para poder llegar a producir 10 toneladas de material diarias, lo que implica 200 toneladas mensuales vendidas al precio actual.

Una vez que se cuenta con todos los datos necesarios para obtener el impacto que genera la implementación de la mejora, podemos contrastarlos con los datos actuales:

Tipo de costos	Valor	Valor con mejora	Unidad	Diferencia
Producción mensual	146	200	Ton	+54

Horas mensuales	160	160	Hs	
Cantidad empleados en el Proceso	8	7	empleados	-1
Costos Fijos Prorrateados (fábrica, administración y comercialización)	60000	58320	usd	-1680
Costos Fijos Prorrateados (variables sobre producción)	410,96	291,6	usd/ton	-119.36
Costos Variables	50	47.87	usd/ton	-2.13
Mantenimiento Máquinas (fijo)	8256	6880	u\$d	-1376
Mantenimiento Máquinas (variable)	56,55	34,4	usd/ton	-22,15
Costo de la Materia Prima	400	400	usd/ton	
	1400	1400		
Licencias por accidentes/esfuerzos	15	8	días al año	
Costo Final Parcial del Producto:	517,51	373.87	usd/ton	-143.64

Tabla 2.9 – Costos variables y fijos.



Gráfico 2.7. – Reducción Costos Fijos [u\$d]

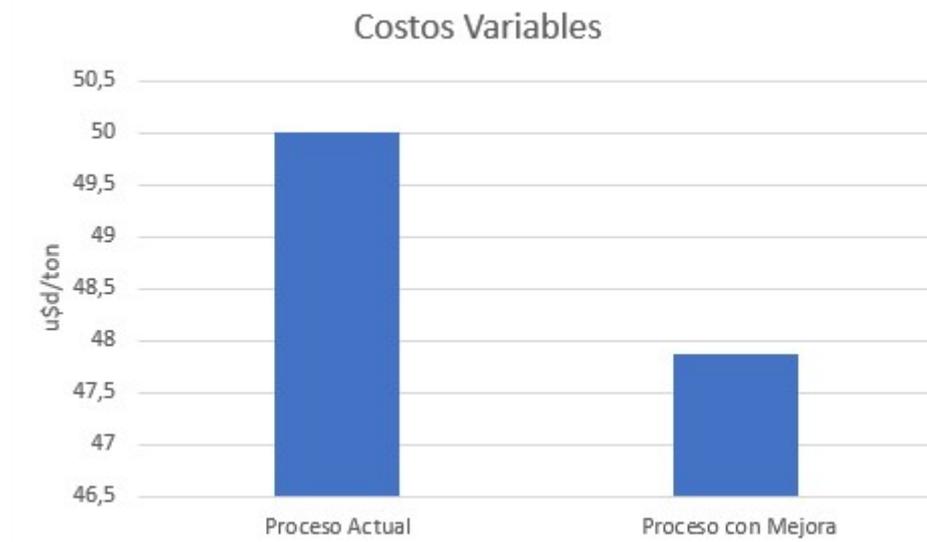


Gráfico 2.8. – Reducción Costos Variables [u\$/ton]

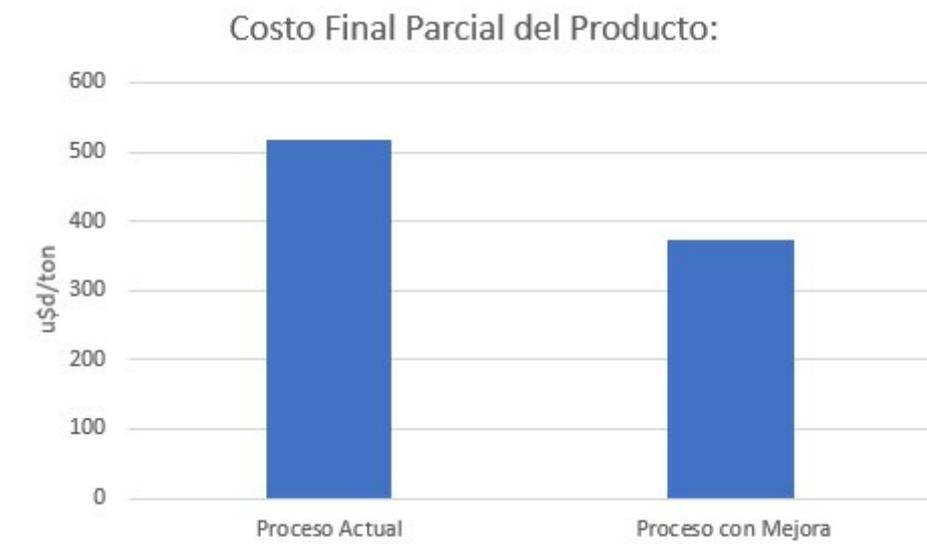


Gráfico 2.9. – Reducción Costo Final Parcial del Producto [u\$/ton]

Como resultado se obtiene un precio final con la implementación de la mejora de **373.87 u\$/ton**, representando una disminución de **143.64 u\$/ton** finales.

Es importante señalar que estamos evaluando el costo final parcial por tonelada sin tener en cuenta las materias primas, ya que las mismas no varían su costo con la implementación de la mejora. Al momento de realizar la evaluación financiera se tomará un promedio del costo de las mismas para poder establecer el precio de venta final.

Inversión Requerida para la Mejora del Proceso

2.1 Costos de Fabricación

Movimiento Bolsas del Sector G

Como punto de partida de la mejora del proceso, se deben eliminar todas las bolsas de materia en stock que existen en el sector G, para lo cual se detallan los siguientes costos:

Movimiento Bolsas del Sector G			
Característica	Valor	Unidad	Observaciones
Operarios a utilizar	2	un	
Horas a utilizar	16	h	Dos días de trabajo no consecutivos
Autoelevador	1	un	
Consumo esp autoelevador	2,7	l/h	
Costo Diesel	0,8	u\$/l	
Costo hora hombre	10,5	u\$/h	Costo Hora Operario
Costo Parcial Operarios	336	u\$d	operarios*horas*costo hora hombre
Costo Parcial Autoelevador	34,56	u\$d	horas*consumo esp*costo diésel
Horas de Supervisión de Ingeniería	4	h	Incluyen descripción de tarea, control y verificación
Costo hora de Ingeniería	8,7	u\$/h	
Costo Parcial Ingeniería	34,8	u\$d	Horas ing*Costo hora
Costo TOTAL MOVIMIENTO	405,36	u\$d	Suma de los Costos Parciales

Tabla 2.10. – Costo Movimiento Bolsas del Sector G

Movimiento Molino de Bolas al Sector G

En segundo lugar, se debe movilizar el molino de bolas (secundario) del sector K al inicio del sector G, para que ambos molinos queden en línea con la zona de molienda y la zona de implementación de los silos de acopio del material. De esta forma, se encuentran los siguientes gastos

Movimiento Molino de Bolas al Sector G			
Característica	Valor	Unidad	Observaciones
Técnico Eléctrico	1	un	Nuevo Conexionado Eléctrico
Horas Hombre	2	h	Desconectado y Reconexión
Costo hora Técnico	46,875	u\$/h	Valor a 7500 dólares el mes
Costo Parcial Técnico Eléctrico	93,75	u\$d	Costohorahombre*horashombre
Costo Alquiler Grúa	125	u\$/h	Tomando 1000 dólares las 8 horas
Horas de grúa	8	h	
Costo Parcial Grúa	1000	u\$d	Cag*hg
Operarios de Mantenimiento	2	un	Encargados de desempotrar el molino y re empotrarlo al piso
Horas de los operarios de mantenimiento	24	h	Tres días de trabajo no consecutivos
Horas hombre operarios de mantenimiento	48	h	Cantidad de op*horas totales

Costo hora Mantenimiento	11,1	u\$/h	Valor horas extra
Costo parcial Operarios de Mantenimiento	532,8	u\$d	Horas hombre*Valor hora hombre
Operarios encargados del movimiento	3	un	Dos que guíen y un operador de grúa
Horas de los operarios encargados del mov.	8	h	Mismo tiempo que la grúa
Horas hombre operarios de movimiento	24	h	Cantidad de op*horas totales
Costo hora del Operario	10,5	u\$/h	Valor normal (se trabajará de día, con todo el sector de molienda detenido)
Costo parcial operarios de Movimiento	252	u\$d	Horas hombre*Valor hora hombre
Horas de Supervisión de Ingeniería	24	h	Debido a la complejidad de la operación, se toma por seguridad supervisión constante
Costo hora de Ingeniería	8,7	u\$/h	
Costo Parcial Ingeniería	208,8	u\$d	Horas Ing*Costo Hora
Costo TOTAL MOVIMIENTO	2087,35	u\$d	Suma de los Costos Parciales

Tabla 2.11. – Costo Movimiento Molino de Bolas al Sector G

Construcción Silos de Acopio

Los silos de acopio del material se fabricarán en la misma empresa, dentro del sector de taller. Serán seis silos de 3,4 m³ de volumen, elevados a 1,5 m del piso y con una altura total de 3 m, cuyo diseño no será cilíndrico para facilitar su construcción. A continuación, se detalla el costo aproximado de su construcción

Implementación Silos de Material			
Característica	Valor	Unidad	Observaciones
Molienda Mensual Total	120	ton	60% de la Producción Mensual de 200 ton
Molienda Mensual de Cada Granulometría	20	ton	Se divide equitativamente el total entre 6
Molienda Diaria de Cada Granulometría	1	ton	Molienda Mensual dividido 20
Producción Mensual	200	ton	
Producción Diaria	10	ton	Dividir producción mensual por 20
Necesidad de Molienda Diaria Total	6	ton	60% de la Producción Diaria
Stock de Molienda Individual Mínimo	1	ton	Con esta Granulometría mínima por día se garantiza la producción de 200 toneladas mensuales de producto
Chapa de 2mm de hierro de 1220x2440mm	145	u\$d	Se requieren 18 unidades para la estructura
Estructural 70x70x2 de hierro x 6mts de largo	72	u\$d	Se requieren 18 unidades para la estructura
Costo de chapa para silo	2606	u\$d	Chapa. x Cant.
Costo de estructura para silo	1303	u\$d	Estructural x Cant.

Horas hombre necesarias para construcción	63	h	Aproximadas por Cálculo
Costo de la hora hombre mantenimiento	11,1	u\$/h	Valor con horas extra
Costo parcial Operarios	699,3	u\$	Horas hombre*Valor hora hombre
Horas de Supervisión de Ingeniería	16	h	Incluyen descripción de tarea, control y verificación
Costo hora de Ingeniería	8,7	u\$/h	
Costo parcial Ingeniería	139,2	u\$	Horas ing*Costo hora
Costo TOTAL	4748	u\$	Suma de Costos Parciales

Tabla 2.11. – Costo Construcción de Silos de Acopio

Sistema de Carga de Silos

Para el sistema de carga de los silos se propone el uso de un sistema de banda transportadora que permita cargar el material en cada uno de los silos, los cuales se encontraran uno al lado del otro, en línea recta. Se detallan los siguientes costos para su implementación.

Implementación Sistema de Carga de Silos			
Característica	Valor	Unidad	Observaciones
Sistema de cinta transportadora artesa	25000	u\$	Aproximadamente 10mts en elevación y 10mts horizontal
Tripper	10000	u\$	Va montado en la misma estructura que la cinta
Estructura soporte de cinta y Tripper	10000	u\$	
Costo TOTAL	45000	u\$	

Tabla 2.12. – Costo Sistema de Carga de Silos

Estimación de la potencia del motor de la cinta transportadora

El precálculo del motor se realiza mediante la siguiente tabla y figuras:

Símbolo	Denominación	Valor	Unidad	Observación
Cb	Factor de ancho de banda	76	kg/s	De tabla 2.4
v	Velocidad de la banda	0,3	m/s	Dato de entrada
Qm	Capacidad de transporte de la banda	6	t/h	Dato de entrada
Cl	Factor de longitud de la banda	222	m-1	De tabla 2.5
Kf	Factor de servicio	1	-	De tabla 2.6
B	Ancho Banda	500	mm	Dato de entrada
ρ	Peso específico	1,5	t/m ³	Dato de entrada
L	Longitud Aproximada Cinta	26	m	Dato de entrada
Lf	Longitud de la guía	6	m	Dato de entrada
H	Altura a elevar la carga	2	m	Dato de entrada
Pa	Potencia debido a Tripper	0,24	kW	0,8*v
Pb	Potencia debido a dispositivos de limpieza	0,225	kW	1,5*B*v
Pc	Potencia debido a guías y faldones	0,288	kW	0,16*v*Lf
P1	Potencia en vacío	0,616	kW	$P1=Cb*v*Qm/(Cl*Kf)$

P2	Potencia para elevar carga	0,033	kW	$P2= H*Qm/367$
P3	Potencia rozamientos y accesorios	0,753	kW	$P3= Pa+Pb+Pc$
Pt	Potencia Total	1,402	kW	$Pc= P1+P2+P3$
n	Rendimiento motorreductor eléctrico	0,8		
Pc	Potencia calculada	1,752	kW	$Pc=Pt/n$
Pn	Potencia nominal	2,2	kW	Potencia Estándar

Tabla 2.13. – Estimación de Potencia de Motor de Cinta Transportadora

A continuación, se adjuntan las tablas utilizadas

Peso específico γ (T/M3)	Ancho de banda (mm)							
	300	400	500	650	800	1000	1200	1400
$\gamma \leq 1$	31	54	67	81	108	133	194	227
$1 < \gamma \leq 2$	36	59	76	92	126	187	277	320
$\gamma > 2$	-	65	86	103	144	241	360	414

Tabla 2.14. – Factor de Ancho de Banda, Cb. Ingemecánica [En línea]

Longitud (m)	32	40	50	63	80	90	100	150	200	250	300
Cl	222	192	167	145	119	109	103	77	63	53	47

Tabla 2.15. – Factor de Longitud de la Banda, Cl. Ingemecánica [En línea]

Condiciones de trabajo	Kf
Favorables, buena alimentación, bajas velocidades	1,17
Normal, condiciones estándar	1
Desfavorables, baja temperatura y alta velocidad	0,74 - 0,87
Temperaturas extremadamente bajas	0,57

Tabla 2.16. – Factor de Servicio, Kf. Ingemecánica [En línea]

De esta manera, la potencia estimada del motor de la cinta transportadora resulta de 2,2 kW.

Tornillos Dosificadores

En cuanto a los tornillos dosificadores, serán necesarios seis de aproximadamente medio metro cada uno. Los mismos dosificarán el material a una misma descarga, en la cual se encontrará debajo una bolsa con el material listo para ser cargado en las mezcladoras.

Implementación Sistema de Dosificación			
Característica	Valor	Unidad	Observaciones

Tornillo dosificador	1000	u\$d	Precio Estimado para tornillo dosificador de 0,5 m
Cantidad a Utilizar	6	un	Un tornillo para cada silo
Operarios de Mantenimiento	2	un	Encargados de instalar los tornillos
Tiempo de instalación	8	h	un día que se hará separado, en hs extras
Horas hombre operarios de mantenimiento	16	h	Operarios*horas
Costo hora Mantenimiento	11,1	u\$d/h	Valor con horas extras
Costo parcial Operarios de Mantenimiento	177,6	u\$d	Horas hombre*Valor hora hombre
Técnico Eléctrico	1	un	Encargado de instalación eléctrica + PLC
Tiempo de instalación	4	h	
Horas hombre técnico eléctrico	4	h	Operarios*horas
Costo hora Técnico	46,875	u\$d/h	Valor a 7500 dólares el mes
Costo Parcial Técnico Eléctrico	187,5	u\$d	Horas hombre*Valor hora hombre
Horas de Supervisión de Ingeniería	12	h	Debido a la complejidad de la operación, se toma por seguridad supervisión constante
Costo hora de Ingeniería	8,7	u\$d/h	
Costo Parcial Ingeniería	104,4	u\$d	Horas Ing*Costo Hora
Motores Eléctricos	868,68	u\$d	6 motores eléctricos de inducción trifásicos
Costo TOTAL	7338,18	u\$d	Suma de Costos Parciales

Tabla 2.17. – Costo Sistema Dosificación

Estimación potencia de los motores de los silos

Para estimar la potencia que deberán tener los motores trifásicos a inducción de los tornillos dosificadores se utilizará la siguiente expresión

$$P(kW) = \frac{Q * (Co * L + H)}{367} + \frac{D * L}{20}$$

Dónde:

- Q: Caudal de material a dosificar [t/h].
- Co: Coeficiente de resistencia del material transportado.
- L: Longitud del tornillo [m].
- H: Desnivel presente en la instalación [m].
- D: Diámetro de la sección de la carcasa del tonillo [m].

En nuestro caso:

- Q = 6 t/h, lo que es equivalente a dosificar 100 kg de material por minuto, un tiempo coherente para la mejora propuesta.
- Co = 4, ya que el material resulta arcilla seca. (valor que sale de tabla)
- L = 0,5 m.

- $D = 0,08$ m, diámetro de carcasa que surge de tomar 12 veces el tamaño de partícula más grande a dosificar (6,73 mm).
- $H = 0$ m, en esta etapa previa no vamos a considerar un desnivel.

A continuación, se adjunta la tabla con los coeficientes de resistencia:

Tipo de material	Valor de c_0
Harina, serrín, productos granulosos	1,2
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

Tabla 2.18. – Coeficientes de Resistencia

De esta manera, la potencia estimada es de:

$$P = 0,04 \text{ kW}$$

Se seleccionan, a modo estimativo, seis motores de 4 polos, de 0,09 kW y 1410 rpm.

Estudio, diseño y cálculo del proyecto

Para estimar los costos asociados al estudio, diseño y cálculo de todo el proyecto, se tomará el costo de hora de ingeniería aproximado por la cantidad de horas de duración, en función de los integrantes. Para ello, se tendrán en cuenta las horas semanales de la cátedra y la duración estipulada del proyecto, la cual resulta, al iniciarlo, de un año y medio. De esta forma, se obtiene lo siguiente.

Estudio, Diseño y Cálculo del Proyecto			
Característica	Valor	Unidad	Observaciones
Horas Semanales de Proyecto Final	3,75	h/sem	5 horas cátedra de 45 minutos cada una
Semanas Propuestas de Duración del Proyecto	78	sem	El Proyecto está planteado para una duración de un año y medio
Horas Totales del Proyecto	292,5	h	Horas Semanales*Semanas
Integrantes del Proyecto	5	un	
Horas Hombre Totales del Proyecto	1462,5	h	Horas Totales*Integrantes
Costo hora de Ingeniería	8,7	u\$/h	
Costo TOTAL	12723,75	u\$	Horas hombre*costo hora

Tabla 2.19. – Costos de Estudio, Diseño y Cálculos del Proyecto

Sistema de Control

Los requerimientos técnicos del sistema de control se encuentran especificados dentro de la factibilidad tecnológica y, a su vez, se encontrarán desarrollados y explicados en la ingeniería básica. De esta forma, se procede únicamente a listar los componentes generales y sus precios estimados.

Sistema de Control			
Característica	Valor	Unidad	Observaciones

Guardamotor 3P 0,25 a 0,4 A	752,28	u\$d	Para los seis motores de los tornillos
Contactador 9A 3P 24VCC	893,12	u\$d	Para los ocho motores
Sistema de controlador lógico programable MicroLogix 1400	600	u\$d	-
Guardamotor 3P 4 a 6,3 A	255,28	u\$d	Para los dos motores restantes
HMI PanelView 800 (con Ethernet) 2711R	620	u\$d	-
Limit Switch XCKJ10543 (Schneider)	1077,17	u\$d	Doce Limit Switch
Costo TOTAL	4197,85	u\$d	

Tabla 2.20. – Costos Sistema de Control

2.2 Diagrama de Gantt de Implementación de la Mejora

Para proponer el esquema de implementación de la mejora se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- El tiempo de implementación comienza con la orden de compra del material de los silos, la cinta transportadora, el sistema de control y el sistema de dosificación, las cuales se harán en simultáneo.
- Se plantea como inicio el primer día de agosto del 2021.
- Estimamos un tiempo de implementación de aproximadamente un mes y medio, para tener seguridad ante posibles demoras en la entrega e inconvenientes.

De esta manera, se propone el Diagrama de Gantt.

2.3 Estimación de Nuevos Costos Operativos

Sistema de Carga de Silos

Luego del precálculo anterior, establecemos como primera medida que la potencia estimada del motor es de 2,2 kW y su uso estará ligado al de molienda, que tarda 12 horas en procesar 30 toneladas (camión semanal que ingresa con materia prima a granel). De esta forma, se calcula el costo operativo que tendrá el nuevo sistema.

Sistema de Carga de Silos			
Característica	Valor	Unidad	Observaciones
Potencia de la Instalación	2,2	kW	Potencia Estimada que incluye el funcionamiento de la cinta y el Tripper
Uso estimado Semanal	12	h	Corresponde a la molienda de 30 ton por semana
Uso estimado Mensual	48	h	Uso Estimado Semanal*4
Consumo Mensual	105,6	kWh	Uso Estimado Mensual*Potencia
Consumo Mensual	0,1056	MWh	Consumo en MWh
Tarifa Eléctrica	3,535	\$/kWh	Precio al 6/2020, con tarifa T3-BT >= 300 kW
Gasto	373,296	\$	Costo Mensual en pesos
Gasto en dólares	5,41	u\$d	Costo Mensual en dólares
Costo Operativo Variable	0,03	u\$/ton	Con Producción de 200 toneladas

Tabla 2.21. – Costos Operativos Sistema de Carga de Silos

Como puede observarse, el equipo aumenta el costo variable de producción en **0,03 u\$/ton**.

Sistema de Dosificación

Se estima que el sistema de dosificación deberá tener una velocidad de aproximadamente 100 kg/min. Luego de efectuar el cálculo estimativo inicial de la potencia de los tornillos, se seleccionó un motor con dos veces la potencia requerida, lo cual nos permite tener un buen margen de seguridad cuando calculemos la potencia requerida real. De esta manera, se calcula lo siguiente.

Sistema de Dosificación del Material			
Característica	Valor	Unidad	Observaciones
Velocidad de Dosificación	6	ton/h	Valor estimado, suponiendo 100 kg por minuto
Producción diaria	10	ton	
Dosificación diaria	6	ton	Suponiendo que el 60% del producto final proviene de los silos
Uso diario	1	h	Dosificación diaria/Velocidad de Dosificación
Uso estimado Mensual	20	h	Uso diario*20
Potencia de la Instalación	0,54	kW	Se considera el uso simultáneo de los tornillos, como peor escenario
Consumo Mensual	10,8	kWh	Uso Estimado Mensual*Potencia
Tarifa Eléctrica	3,535	\$/kWh	Precio al 6/2020, con tarifa T3-BT >= 300 kW

Gasto	38,178	\$	Costo Mensual en pesos
Gasto en dólares	0,55	u\$d	Costo Mensual en dólares
Costo Variable Operativo	0,003	u\$d/ton	Con Producción de 200 toneladas

Tabla 2.22. – Costos Operativos Sistema de Dosificación

Como puede observarse, el equipo aumenta el costo variable de producción en **0,003 u\$d/ton**.

2.4 Flujo de Caja

Para realizar el flujo de caja, en primer lugar se establecen los costos finales del producto, comparándolos pre y post mejora de proceso.

Tipo de costos	Valor	Valor con mejora	Unidad	Diferencia
Producción mensual	146	200	Ton	+54
Horas mensuales	160	160	Hs	
Cantidad empleados en el Proceso	8	7	empleados	-1
Costos Fijos Prorrateados (fábrica, administración y comercialización)	60000	58320	usd	-1680
Costos Fijos Prorrateados (variables sobre producción)	410,96	291,6	usd/ton	-119.36
Costos Variables	50	48.37	usd/ton	-1.63
Mantenimiento Máquinas (fijo)	8256	6880	u\$d	-1376
Mantenimiento Máquinas (variable)	56,55	34,4	usd/ton	-22,15
Costo de la Materia Prima	400	400	usd/ton	
	1400	1400		
Licencias por accidentes/esfuerzos	15	8	días al año	
Costo Final Parcial del Producto	517,51	374.37	usd/ton	-143.14

Tabla 2.23. – Flujo de Caja

De esta manera, se plantea la siguiente estructura de costos, la cual será tenida en cuenta para establecer el período de repago.

Costos Variables	
Denominación	Costo unitario (u\$d/ton)
Operativos	\$ 48,37
Materia Prima	\$ 560,00
Total Variables	\$ 608,37
Costos Fijos	
Denominación	Costo

	(u\$d)
Costos Fijos Prorrateados	\$ 58.320,00
Mantenimiento	\$ 6.880,00
Pago Préstamo	\$ 1.844,65
Total Fijos	\$ 67.044,65
Inversiones	
Denominación	Costo (u\$d)
Movimiento Bolsas Sector G	\$ 405,36
Movimiento Molino de Bolas	\$ 2.087,35
Construcción de 6 Silos	\$ 4.784,00
Sistema de Carga de Silos	\$ 45.000,00
Sistema de Dosificación	\$ 7.338,18
Estudio, Diseño y Cálculo	\$ 12.723,75
Sistema de Control	\$ 4.197,85
Elementos de Potencia, Reducciones y Celdas	\$ 4.665,75
Contingencias	\$ 4.050,00
Total Inversiones	\$ 85.252,54

Tabla 2.24. – Estructura de Costos

De otra forma, la inversión inicial puede verse a través del siguiente gráfico.

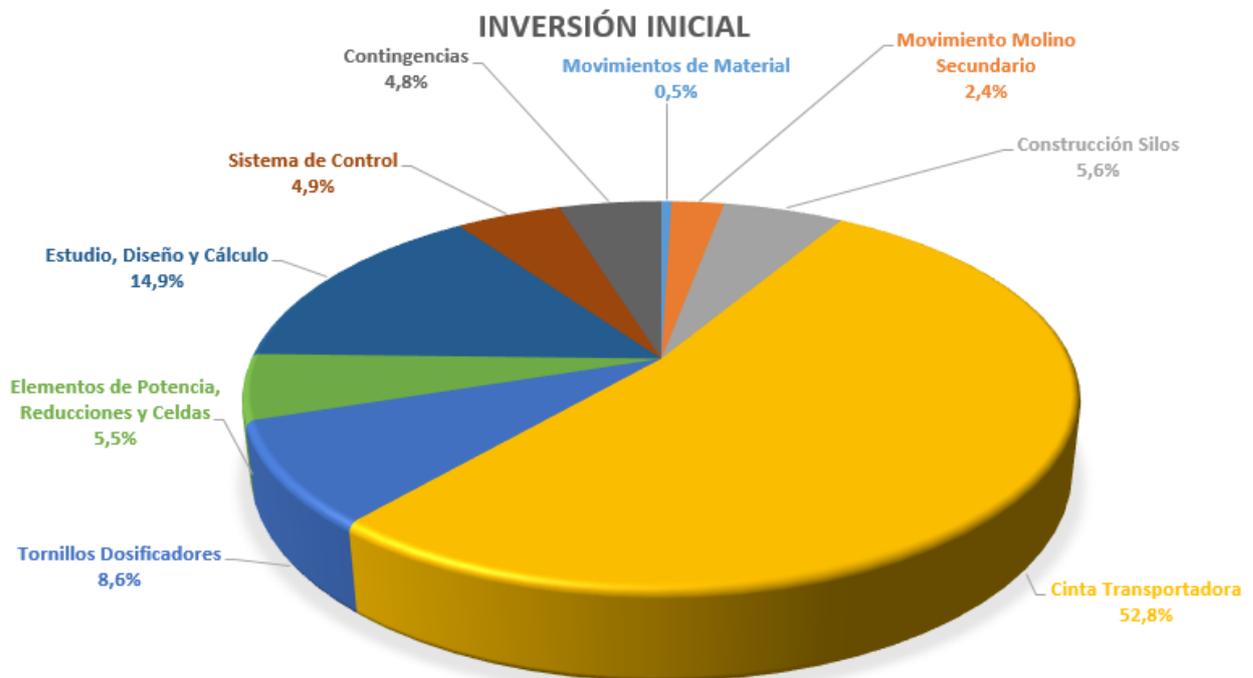


Gráfico 2.11. – Inversión Inicial

Una vez definida la estructura de costos, se proponen las siguientes condiciones e hipótesis para llevar a cabo el flujo de caja y la posterior evaluación financiera.

Para poder sobrellevar la inversión, la empresa incurrirá en un préstamo por el 75% de la inversión inicial. El mismo será tomado al Banco Provincia, a 48 meses y con un interés final del 38,48%. Esto implica que todos los meses se deberá pagar una cuota al banco de 1844,65 dólares, la cual se sumará como un costo fijo a partir del primer mes. Como se mostrará al final del documento, esta alternativa de financiación es la que otorga la mejor tasa interna de retorno, si se la compara frente a préstamos por el 25% y 50%.

El período inicial o “0” será tomado como en el cual se efectúa toda la inversión, para ella se tiene en cuenta:

- Costo fijo, sin incluir la cuota del préstamo.
- Costos variables como si se produjeran 73 toneladas de material, que equivale a la producción estimada que se tendrá en el mes de implementación de la mejora. A este valor se le sumará un 60%, que se toma como lucro cesante y pérdidas de rendimiento debido a lo explicado con anterioridad. En el período 1 el valor de producción ascenderá a 109,5 toneladas (ya que la mejora sólo ocupará medio mes) y se estimará un 40% por lucro cesante y pérdidas de rendimiento.
- La inversión inicial, sin tener en cuenta el costo absorbido por el préstamo

Se plantea un precio de venta de 1000 dólares la tonelada, el cual resulta el mismo que la empresa maneja en la actualidad, con 200 toneladas mensuales de ventas estimadas luego que la mejora se encuentre implementada.

Con todos estos datos, se plantea el siguiente escenario

Se tendrá en cuenta todo lo anterior y tomará un mes y medio como tiempo de implementación. De esta forma, en el período “2” se producirán 146 toneladas (valor actual) y se estimará una deseconomía del 60%, la cual se encuentra fundada en el significativo cambio que resulta el nuevo proceso productivo para los operarios (el cual fue analizado en el FODA). A partir del segundo período la producción aumentará a un ritmo de una tonelada diaria más por mes, lo que permitirá, a partir del quinto, producir las 200 toneladas mensuales estipuladas en la mejora. Por otro lado, especulamos que la deseconomía continuará hasta este período, aunque en el tercero será del 20% y, en los dos restantes se reducirá un 30% en cada uno. En última instancia, y debido a la magnitud de la mejora propuesta, se propone un tiempo de evaluación del proyecto de 4 años.

Una vez desarrollado el escenario se establece el flujo neto de fondos mensual. Como puede observarse, cada cuadro representa un año calendario.

Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I. INGRESOS													
Precio Unitario (u\$/ton)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Producción Mensual (ton)	73	109,5	146	166	186	200	200	200	200	200	200	200	200
Ventas Mensuales (u\$d)	73.000,00	109.500,00	146.000,00	166.000,00	186.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00
Crédito (u\$d)	63.939,18												
Ingresos Totales (u\$d)	136.939,18	109.500,00	146.000,00	166.000,00	186.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00
II - EGRESOS													
CV Unitario (u\$/ton)	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37
CV Total Mensual (u\$d)	71.057,62	93.263,12	142.115,23	121.187,30	119.946,23	123.864,13	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00
Costo Fijo (u\$d)	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00
Costo total (Fijo+Variable) (u\$d)	136.257,62	158.463,12	207.315,23	186.387,30	185.146,23	189.064,13	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00
Crédito (u\$d)		1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65
Inversión Inicial (u\$d)	85.252,24												
Egresos Totales (u\$d)	221.509,86	160.307,77	209.159,88	188.231,95	186.990,87	190.908,78	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65
Flujo Neto de Fondos (u\$d)	-84.570,68	-50.807,77	-63.159,88	-22.231,95	-990,87	9.091,22	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35

Tabla 2.25. – Flujo Neto de Fondos, Año 1

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00
200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00
608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37
121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00
65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00
186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00
1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65
188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65
11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35

Tabla 2.26. – Flujo Neto de Fondos, Año 2

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00
200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00
608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37
121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00
65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00
186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00
1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65
188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65
11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35

Tabla 2.27. – Flujo Neto de Fondos, Año 3

37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00
200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00
608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37	608,37
121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00	121.674,00
65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00	65.200,00
186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00	186.874,00
1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65	1.844,65
188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65	188.718,65
11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35	11.281,35

Tabla 2.28. – Flujo Neto de Fondos, Año 4

Teniendo en cuenta el flujo neto de fondos mensual, se establece el siguiente flujo de caja acumulado.

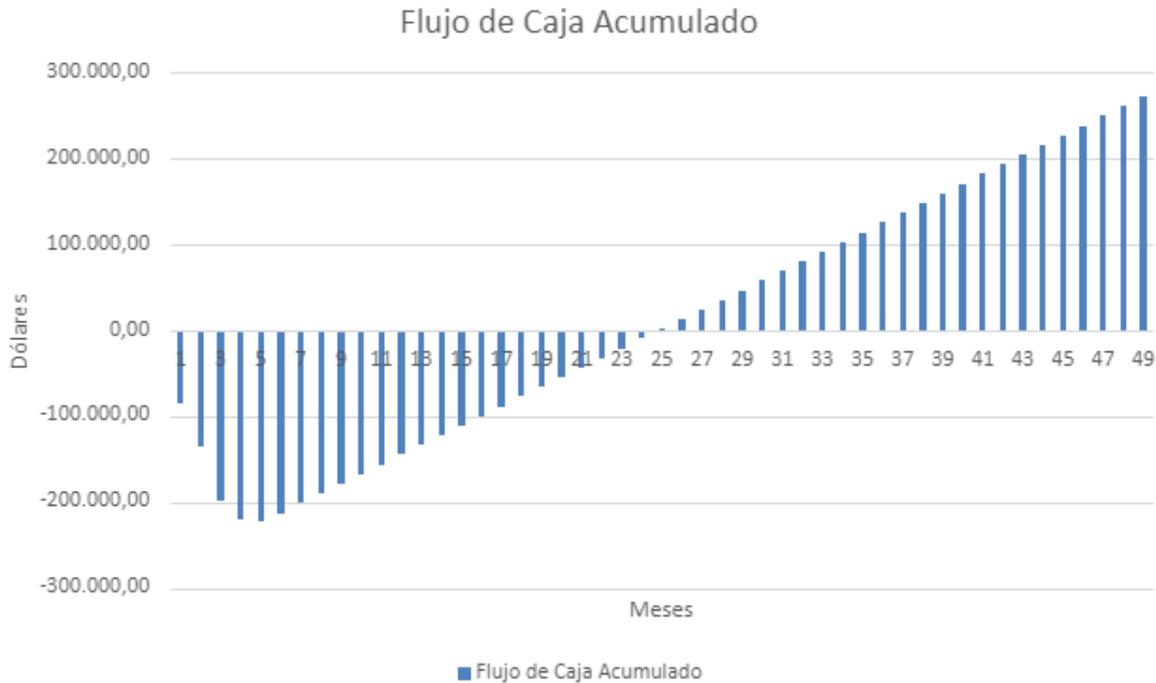


Gráfico 2.12. – Flujo de Caja

En el mismo se observa lo siguiente:

- La financiación del 75%, el lucro cesante y la deseconomía producen que hasta el cuarto mes se registren pérdidas netas, las cuales disminuyen el flujo de caja hasta su punto mínimo (quinto mes).
- A partir del mismo la unidad productiva comienza a otorgar ganancias, aunque el repago de la inversión inicial no se produce hasta finalizar el segundo año.

2.5 Evaluación

Para llevar a cabo la evaluación final del proyecto se utilizan dos indicadores, VAN y TIR, ambos teniendo en cuenta el flujo neto de fondos mensual y la inversión inicial. Es importante señalar que se toma 0,03% como tasa de actualización, la cual surge de un bono del tesoro de Estados Unidos a cinco años y con una tasa anual del 0,4%. De esta manera, se obtiene lo siguiente.

VAN	u\$d 268.197
TIR Anual	43,05%
TIR Mensual	3,59%

Tabla 2.29. – VAN y TIR del Proyecto

Consideramos que, como la TIR es superior a la tasa de corte propuesta, el proyecto es viable. Si bien se debe tener en cuenta que esta tasa disminuirá cuando se tengan mejores valores tanto de la inversión inicial como de los costos asociados y posibles inconvenientes, concluimos que

la tasa interna de retorno es lo suficientemente grande para continuar con el proyecto en esta etapa.

2.6 Comparativas de Financiamiento

Como se mencionó anteriormente, se eligió como monto de financiamiento el 75% de la inversión inicial, frente a las alternativas del 25% y 50%. En este apartado se llevará a cabo dicha comparación, utilizando la misma información, para todos los casos, presente en el apartado 2.4. De esta manera, lo único que cambiará en cada alternativa será el porcentaje de financiación, el resto de las variables y cuestiones del proyecto permanecerá constante.

Una vez efectuados calculados los tres flujos de caja, se obtiene el siguiente gráfico comparativo.

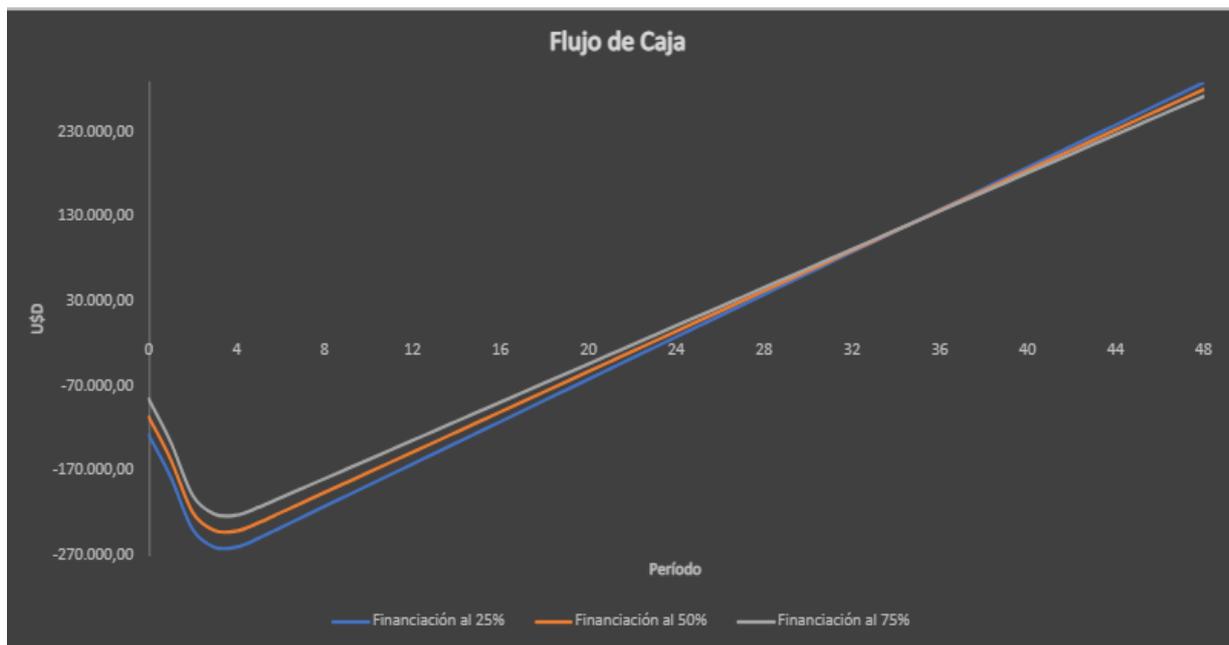


Gráfico 2.13. – Financiamientos

Como puede observarse, a menor financiamiento externo la inversión inicial (interna) resulta mayor, el período de repago posterior y las ganancias mayores. Al calcular VAN y TIR de cada alternativa, nos encontramos con los siguientes datos.

	Financiación al 25%	Financiación al 50%	Financiación al 75%
VAN	u\$d 284.125	u\$d 276.161	u\$d 268.197
TIR	39,42%	41,09%	43,05%

Tabla 2.30. – Comparativa de Financiamiento

De esta manera, si bien el VAN es superior con la financiación al 25%, la Tasa Interna de Retorno, valor que se utiliza para comparar diferentes inversiones, es superior con la financiación al 75%, motivo por el cual fue seleccionada.

III. Factibilidad Tecnológica

Definición

En el presente apartado estudiaremos la posibilidad que posee el proyecto de ser realizado, teniendo en cuenta la capacidad del mercado a la hora de suplir los insumos, las instalaciones y la experiencia que cuente la organización en cuestión.

Evaluaremos las tecnologías involucradas en la mejora de proceso como sistemas mecánicos, sistemas de control y materiales entre otras.

Breve descripción del proceso

Para llevar a cabo la carga de las tres mezcladoras se propone la implementación de tres sistemas. El primero, un sistema de carga y acopio de la materia prima granulada, el segundo, un sistema de dosificación de esta que permita realizar las mezclas que se tornarán en los productos finales. En último lugar, un tercer sistema que transporte las mezclas a las cargas de las mezcladoras.

Como entrada de este proceso existen 6 materiales molidos de distintas granulometrías que se almacenarán separados para continuar con la siguiente operación de conformación de la premezcla.

Actualmente cada granulometría se encuentra contenida en un bolsón, por lo que el objetivo inicial resultaría en acopiar cada una en un silo o contenedor, los cuales serán cargados idealmente por un único sistema.

La salida de nuestro conjunto debe ser una premezcla de 1000 o 500 kg de los materiales mencionados anteriormente, cuyo destino final sean los skid de carga de cualquiera de las 3 mezcladoras.

A continuación, se muestra el Layout de la planta para terminar de mostrar el proceso.

- Ángulo de Reposo: se lo define como el ángulo formado entre el suelo y la superficie de un montículo de material y representa la pendiente máxima que puede tener una pila de dicho material.



Gráfico 3.2. – Ángulo de Reposo

- Ángulo de acomodamiento: cuando el material a granel es puesto en movimiento el ángulo de reposo sufre una disminución que oscila entre los 10° y 15°. El ángulo resultante luego de dicha disminución es el ángulo de acomodamiento.

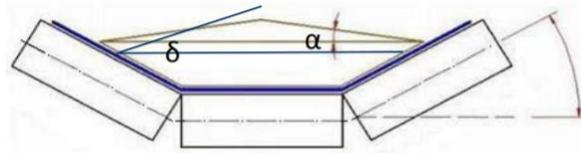


Gráfico 3.3. – Ángulo de Acomodamiento

- Ángulo de máxima inclinación de equipos transportadores: este ángulo define la inclinación máxima recomendable, de superarse el mismo parte del material en movimiento resbalará desplazándose en sentido contrario al buscado.

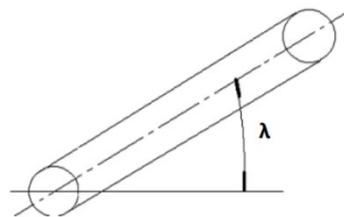


Gráfico 3.4. – Ángulo de Inclinación

- Granulometría: Al ser imposible determinar el tamaño real de cada partícula independiente, estas se agrupan en rangos de tamaño.

Descripción de los Sistemas

1) Sistema de transporte y elevación del material granulado

Este sistema posee la función principal de transportar el material para poder almacenarlo y llevarlo a la siguiente operación del proceso. Se compone de dos subsistemas principales: el de transporte y el de elevación de material.

1.1) Transporte y Elevación a través de cintas transportadoras.

El transporte se realiza mediante el arrastre de la banda, la cual es propulsada mediante un tambor motriz.

La capacidad de transporte está dada básicamente por dos parámetros: la velocidad de la banda y la sección de transporte. A partir de estos parámetros se puede calcular el flujo volumétrico del material. La sección de transporte para un mismo material puede ser incrementada en función de la configuración de los rodillos de la cama.

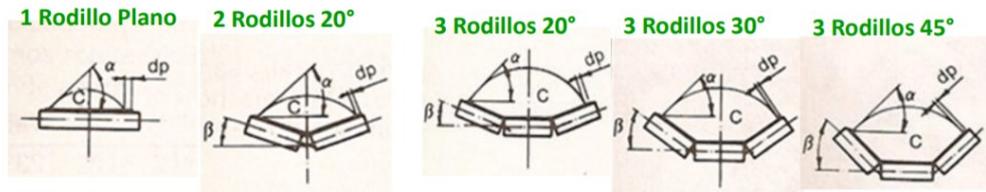


Gráfico 3.5. – Cantidad y Disposición de Rodillos de Cinta

La configuración más usada es la de 3 rodillos de un mismo largo con una inclinación de rodillos de 20°, 35° o 45°. Con ángulos mayores se obtiene una mayor capacidad de transporte y un mayor control sobre el resbalamiento de material especialmente en inclinación.

Entre los distintos tipos de cintas transportadoras, los que resultan más útiles para el movimiento de los materiales del proyecto son la artesa y la de paredes flexibles. Ambos tipos permiten mayor capacidad que una cinta plana y además son mejores para elevar el material en el caso de que sea necesario.



Gráfico 3.6. – Ejemplos Tipos de Cintas Transportadoras

Para diseñar un sistema de transporte con estos sistemas se deben considerar los siguientes parámetros:

- Características del material (Peso específico, abrasividad, ángulo de reposo, máxima inclinación recomendada)
- Disposición de la cuna de desplazamiento
- Inclinación del equipo
- Ancho de banda
- Velocidad de banda
- Altura de elevación
- Ambiente de trabajo

Para la descarga de la cinta transportadora pueden utilizarse “Trippers”, que son tolvas de descarga montadas en un carro con varias salidas y válvulas en el caso de que se necesite. El desplazamiento de este carro puede realizarse de forma manual, con un sistema de cables de acero y poleas, o motorizado, con accionamiento centralizado o local con dispositivos de fin de carrera y sistema de frenado.



Gráfico 3.7. – Ejemplos Tripper

En cuanto al comienzo de la cinta se pueden utilizar tolvas de carga que permiten que el material se deposite en forma centrada sobre la cinta.

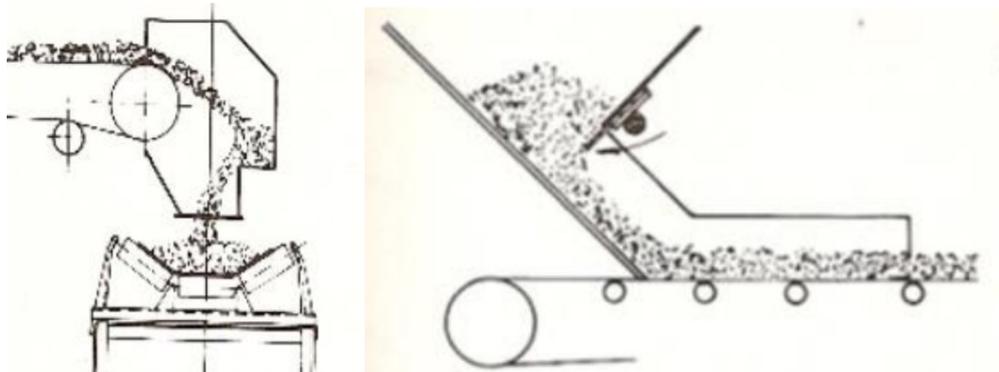


Gráfico 3.8. Ejemplos Tolvas de Carga

1.2) Transporte y Elevación a través de tornillos.

Se trata de un tornillo helicoidal dentro de una cavidad accionado por un motor reductor.

Existen dos diseños constructivos para los transportadores de tornillo cuya mayor diferencia es ángulo posible de elevación del material:

- Canal: Transporte horizontal con pendiente no mayor a 25%. Su capacidad de transporte no supera el 45% de su sección.
- Tubular: Transporte horizontal, con pendiente y vertical. Capacidad de transporte del 100% de su sección. Cuando un tornillo tipo tubular trabaja con una pendiente de 45° el rendimiento se reduce en 1/3, y a 90° la reducción es de 2/3.

A igual diámetro los tornillos entubados utilizados horizontalmente pueden alcanzar un rendimiento dos veces superior al de tornillos de canal en las mismas condiciones.

El tornillo entubado remueve intensamente el material que transporta y los riesgos de dañarlo son más importantes que con un tornillo de canal.



Gráfico 3.9. – Ejemplos Tornillos Transportadores

Cuadro Comparativo de Tecnologías

	VENTAJA	DESVENTAJA
BOMBAS DE VACIO	-ELIMINACION CASI TOTAL DE MECANISMOS	-SE REQUIERE ALTAS PRESIONES PARA LA GRANULOMETRIA SUPERIOR -CONSUMO ELEVADO DE ENERGIA
CANGILONES	BAJA POSIBILIDAD DE FALLA SE PUEDE ELEVAR DE MANERA VERTICAL	-ELEVADO CONSUMO ENERGÉTICO -RIESGO DE ATASCO DE MATERIAL -ALARGAMIENTO DE LAS CADENAS
CINTA TRANSP.	-PUEDE TENER RECORRIDOS QUE NO SEAN LINEALES Y DE LARGA DISTANCIA -GRAN CAPACIDAD DE TRANSPORTE -FACIL INSTALACION	-RIESGO DE CONTAMINACION DE MATERIAL SI SE USA PARA DIFERENTES TIPOS.
TORNILLOS	-PROCESO MECANICO, NO REQUIERE GRAN MANTENIMIENTO. -PERMITE ANGULOS ELEVADOS O DISTANCIAS LARGAS. -BAJA POSIBILIDAD DE FALLA	-TRAMOS RECTOS -RIESGO DE CONTAMINACION DE MATERIAL SI SE USA PARA DIFERENTES TIPOS.

	-NO TIENE DESPERDICIO EL FORMA DE POLVO SI SE ENCUENTRA CERRADO
--	---

Tabla 3.1. – Cuadro Comparativo Sistemas de Transporte

2) Sistema de dosificación del material

Entre ellas encontramos dos métodos posibles:

- La dosificación se realiza a mano, el contenedor tiene una descarga en el la base la cual deriva a una llave de cierre 100%, esto requiere el control de un operario para cuantificar el tiempo de apertura de la llave, permitiendo llegar al peso requerido de material pesado en una balanza que se encuentra a la salida.



Gráfico 3.10. – Ejemplo Dosificación Manual

- Dosificación automática; el mismo se basa en un sistema de regulación automático de las puertas de descarga de cada uno de los contenedores. La regulación debe ser a través del peso del material requerido, el cual debe ser introducido por un operario y censado por una balanza, la cual envía la señal de corte de las compuertas.



Gráfico 3.11 – Ejemplo Dosificación Automática

- Dosificación con tornillo: mediante un elevador a tornillo se puede dosificar el material con orificios de salida al tubo que encierra al mismo tornillo, dependiendo del lugar que se necesita tener una extracción se coloca un conducto del lado inferior que permite, gracias

a la gravedad, extraer material. En el caso de utilizar un mismo tornillo con múltiples descargas se deben colocar compuertas las cuales permitan elegir en que punto a lo largo del tornillo se extrae material. De esta manera facilitamos el transporte y la dosificación ya que con un mismo tornillo incluimos ambos procesos en una misma máquina.

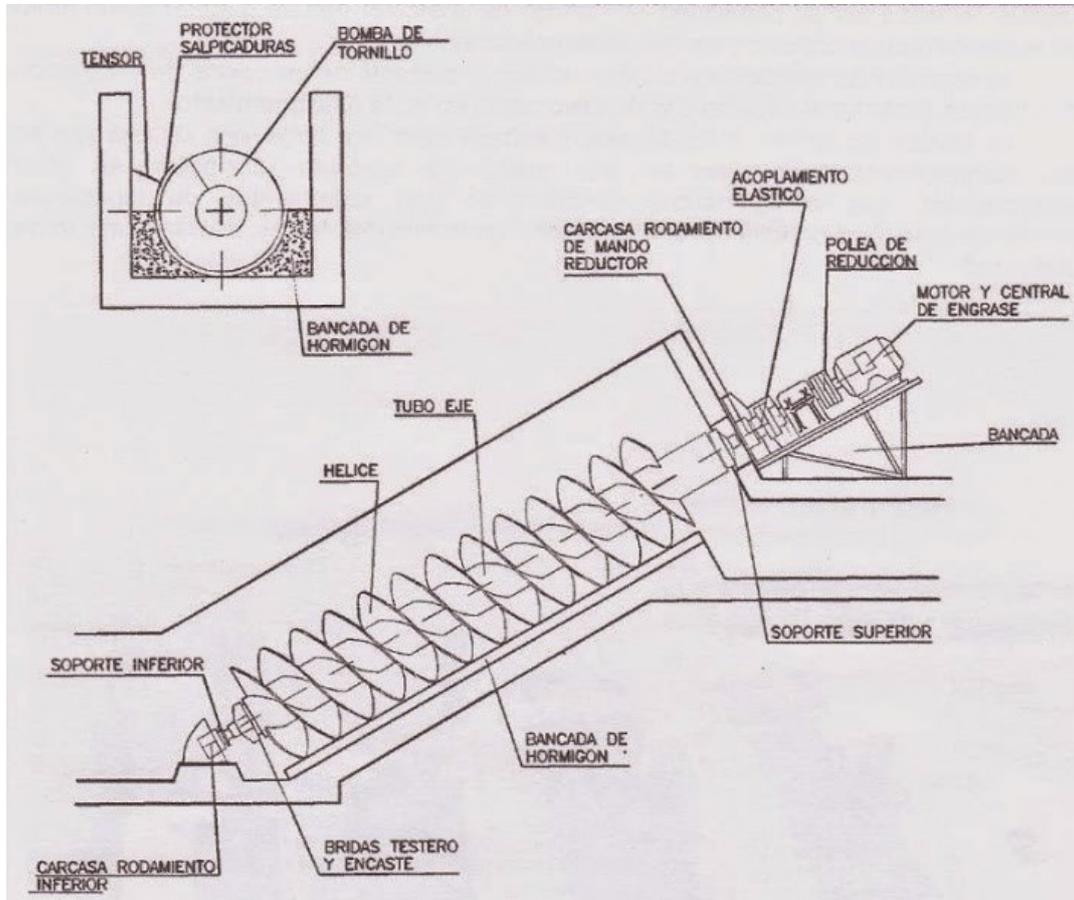


Gráfico 3.12 – Dosificación con Tornillos Transportadores

3) Sistema de acopio del material

El mismo consta de silos de chapa abiertos en la parte superior y con descarga en la zona inferior, con el objetivo de poder contener a todas las materias primas o a las que se determinen en un principio. Estos silos estarán vinculados con la posterior dosificación de los materiales para formar la premezcla necesaria para cada producto final.

El silo contará con una estructura con perfiles la cual le proporcionará rigidez a la hora de cargar material, para ello tomamos un promedio del volumen de operación entre 3.4m^3 que resultan de un volumen de 1.5m por lado, resultando una altura total de 3m , con $1,5\text{m}$ de altura desde el piso a la tolva más $1,5\text{m}$ de altura de tolva.

Nuestro silo está conformado por chapa de hierro de 3mm con una estructura conformada por estructural cuadrado de $70\times 70\times 2\text{mm}$ tal y como se ve en la imagen. El dimensionamiento de los materiales se basa en los materiales que va a cargar, que va desde cascotes hasta granulometría de 1mm de diámetro, por lo que la estructura se calculará para ser capaz de soportar el impacto de los cascotes que golpean contra la chapa desde una altura máxima de $1,5\text{m}$ (sin velocidad previa).

El silo cuenta con 4 patas de estructural las cuales van a estar fijadas al piso con tacos metálicos, evitando su desplazamiento. Los 6 silos se realizarán en la empresa y, como no cuenta con una máquina para cilindrar chapa optamos por una sección de tolva rectangular, lo que nos lleva a soldar la estructura y la chapa. En la parte inferior del silo se colocará una apertura la cual permitirá redireccionar el material y se conectará con el siguiente paso de distribución de material.



Gráfico 3.13. – Ejemplo Silo de Acopio

4) Sistemas de Control

Para seleccionar y dimensionar el sistema de control se separa al proceso en dos secciones. Una primera sección abarca desde la descarga de Trituración y Molienda hasta la carga de los silos, en cambio que la segunda parte se refiere al sistema de dosificación utilizado para descargar cada uno de los silos.

De esta forma, se detallan los elementos necesarios para cada subsistema, en función del sistema de control.

Primera Sección

Requerimientos de la cinta transportadora:

Objeto	Descripción	Cantidad
Motor de Inducción Trifásico	Permite el movimiento de la cinta, en función de su velocidad y potencia requeridos. Se debe contemplar el sistema de reducción, tipo tornillo sinfín	1
VFD	Variable Frequency Drive, permite controlar la velocidad del motor variando su frecuencia de alimentación	1
CT	Contactador del motor, permite encender y apagar el motor. Si bien con el VFD resulta redundante, es buena práctica ponerlo por seguridad	1
GM	Guardamotor, interruptor termomagnético que protege al motor ante elevadas corrientes eléctricas, que pueden producirse por un arranque indebido o trabas en el sistema	1

Tabla 3.2. – Requerimientos Cinta Transportadora

Para el frenado de la cinta se utilizará un freno resistivo.

Requerimientos del carro Tripper:

Movilidad longitudinal a través de los silos:

Objeto	Descripción	Cantidad
Motor de Inducción Trifásico	Permite el movimiento del carro a lo largo de los silos, en función de su velocidad y potencia requeridos. Se debe contemplar el sistema de reducción, tipo tornillo sinfín	1
CT	Contactador del motor, permite encender y apagar el motor.	1
GM	Guardamotor, interruptor termomagnético que protege al motor ante elevadas corrientes eléctricas, que pueden producirse por un arranque indebido o trabas en el sistema	1
LS	Sensor de final de carrera (limit switch) mecánico. En cada silo se instalará uno que hará contacto con el tripper cuando el mismo llegue a la posición de descarga deseada	6

Tabla 3.3. – Requerimientos Tripper

Es importante aclarar que, si la cinta transportadora del tripper resulta independiente de la cinta inicial, se debe contemplar un nuevo motor con los mismos requerimientos que posee la cinta transportadora.

Segunda Sección

Requerimientos de los Tornillos Dosificadores:

Objeto	Descripción	Cantidad
Motor de Inducción Trifásico	Permite el movimiento de cada uno de los tornillos, en función de su velocidad y potencia requeridos. Se debe contemplar el sistema de reducción, tipo tornillo sin fin	6
CT	Contactador del motor, permite encender y apagar el motor.	6
GM	Guardamotor, interruptor termomagnético que protege al motor ante elevadas corrientes eléctricas, que pueden producirse por un arranque indebido o trabas en el sistema	6
LS	Sensor de final de carrera (limit switch) mecánico. En cada tornillo se instalará uno que funcionará como seguidor de leva, lo que permitirá medir las vueltas dadas	6
LM	Leva Mecanizada. Se enviará a mecanizar vía pantógrafo una leva que permita medir cuando el tornillo giró una vuelta	6

Tabla 3.4. – Requerimientos Tornillos Dosificadores

Requerimientos de la Instalación en General

- PLC:
 - Digital Inputs: 12 (debido a los 12 LS) + Emergency Stop + ON/OFF, se aproximan a 15 entradas digitales.
 - Digital Outputs: 9, debido a los 8 CT más un VFD.
- HMI: Pantalla que se utilizará como interfaz de usuario. Una pantalla será suficiente para poder abastecer a todo el sistema.
- Ethernet: Para la conexión entre el HMI y el PLC.

Tecnologías involucradas en el proyecto

Para poder llevar a cabo el proyecto hay que poseer conocimientos de todas las tecnologías que se van a aplicar, con el objetivo de seleccionar la más adecuada.

Para el desarrollo del siguiente se deben tener en cuenta los siguientes conceptos y componentes:

- Mecánicos y Estructurales.
- Eléctricos.
- Electrónicos.
- Neumáticos.

Dentro de los mecánicos y estructurales se encuentran todos los componentes que son capaces de transmitir movimiento, como así también los que le confieren integridad estructural al diseño. Se destacan los elevadores del material, los métodos de transporte, estructuras contenedoras, aceros y perfiles, compuertas de descargas, etc.

- Eléctricos: motores eléctricos que le proporcionarán giro al tornillo, a las bombas de vacío o a las cintras transportadoras.
- Electrónicos: sistemas de control de apertura y cierre de compuertas mediante PLC, comandadas mediante el peso de la balanza
- Neumáticos: cilindros para la apertura y cierre de las compuertas de las descargas

Disponibilidad de componentes

Todo lo que respecta a caños estructurales y chapas es de producción nacional, como así también cualquier pieza mecánica que se necesite y requiera ser fabricada. Se incluye en esta lista a los rodamientos que puedan tener tanto los carros como la cinta transportadora.

Por otro lado, la mayoría de los componentes neumáticos (cilindros, válvulas, filtros, etc) resultan importados, aunque en el país existe una gran cantidad de importadores y distribuidores locales. Esto mismo sucede con los componentes electrónicos, como pueden ser el PLC, sensores, etc.

Selección de los componentes de la instalación

Sistema de transporte y elevación del material granulado

Para este sistema se analizan principalmente dos tecnologías que son la de cintas transportadoras y tornillos sinfín. A continuación, se realiza un cuadro comparativo para poder contrastar dichas alternativas.

Concepto	CINTA TRANSPORTADORA	TORNILLO SINFIN
Costo	Considerable	Considerable
Mantenibilidad	Si bien es un sistema compuesto por muchas partes es una tecnología muy utilizada y su	Presenta problemas en el caso de tener daños en el tornillo sobre todo para desarmar el equipo

	mantenimiento no presenta dificultades mayores	
Generación de polvo	Generan más polvo que los tornillos, pero se pueden cerrar para prevenir este problema	Se puede neutralizar el polvo usando tornillos cerrados
Versatilidad	Es apto para todas las granulometrías siempre y cuando se respete el ángulo de máxima inclinación del material	Distintos tamaños de granulometría podrían generar problemas para el funcionamiento del equipo
Salida	Permite tener una salida múltiple mediante la utilización de un tripper	La salida es única

Tabla 3.5. – Comparación Sistema de Transporte

Decidimos optar por el uso de la cinta transportadora principalmente para poder elevar cualquier tipo de granulometría del material sin tener problemas. Además, estos equipos permiten tener una salida múltiple direccionada a cada silo mediante el uso de un tripper accesorio en el final de su recorrido.

Sistema de transporte de premezcla

Para este trayecto del proceso también nos enfrentamos a tener que seleccionar la mejor alternativa entre las posibilidades. Para esto realizamos una matriz de ponderación evaluando las tres opciones a utilizar: carros empujados, autoelevadores o tornillos flexibles.

A continuación, se muestra la matriz realizada y los resultados.

MATRIZ DE PONDERACIÓN								
	FACTORES DE PONDERACIÓN		CARROS	TORNILLOS FLEXIBLES	AUTOELEV	PONDERACION X PROM		
	CONCEPTO	IMPORTANCIA				CARROS	TORNILLOS	AUTOELEV
ECONOM.	COSTO INVERSION	3	4	2	5	12,0	6,0	15,0
	COSTO OPERATIVO	4	2	4	1	8,0	16,0	4,0
	MANO DE OBRA	3	2	4	1	6,0	12,0	3,0
	ENTRENAMIENTO OPERARIOS	2	2	3	5	4,0	6,0	10,0
TECNOL.	MANTENIBILIDAD	4	3	3	1	12,0	12,0	4,0
	VERSATILIDAD	4	5	2	5	20,0	8,0	20,0
	FLUJO DE MATERIAL	2	3	4	3	6,0	8,0	6,0
	CONFIABILIDAD	4	5	2	4	20,0	8,0	16,0
LEG.	CONTAMINACIÓN	4	4	5	3	16,0	20,0	12,0
	SEGURIDAD	3	2	4	1	6,0	12,0	3,0
						SUMA		
						110,0	108,0	93,0

Tabla 3.6. – Matriz de ponderación Sistema de Transporte

Si bien los resultados son bastante cercanos sobresalen las opciones de utilizar carros y tornillos.

En este caso terminamos decidiendo seguir adelante con los carros ya que son una tecnología más simple y confiable, además de que es algo más común en la industria lo que facilita tanto obtener información como la compra y mantenimiento del mismo.

También está en consideración no ocuparse de este trayecto del material y dejarlo afuera del alcance del proyecto. De ser esta la decisión final se utilizaría los autoelevadores que ya tienen en la planta y que son utilizados en la actualidad.

Conclusiones

En esta sección se analizó cuáles son las tecnologías y componentes por utilizar, lo que permite seguir avanzando tanto en el diseño como en la posibilidad de presupuestar el proyecto. Al tener los componentes definidos se habilita la posibilidad de iniciar la ingeniería básica, realizar el AMFE y proceder al cálculo y a la selección definitiva de los elementos del sistema.

La mayor complejidad se presenta en la selección de los distintos métodos de transporte y dosificación de materiales aplicables al proceso. Por otro lado, resultan de vital importancia tanto el conjunto de motores y reducciones como los sistemas de control a utilizar para asegurar la calidad y la seguridad de las operaciones a realizar.

Se termina optando por almacenar el material en silos para tenerlo listo para dosificar y seguir con el mezclado ya que se separan las distintas granulometrías en distintos silos. Esto permite reducir el uso de bolsones y aprovechar de manera más eficiente el espacio.

El movimiento del material para elevarlo y cargarlo en los distintos silos será realizado mediante la cinta transportadora de sección artesana con un carro tripper que permita descargar en cada uno de los silos. Esto no solo automatiza el proceso de transporte, sino que también reduce el uso de autoelevadores de manera significativa, lo que se traduce en un ahorro en costo de combustible y mantenimiento además de una mejora en cuanto a la seguridad en la planta.

Finalmente, en la parte inferior de los silos se tendrán tornillos que permitan dosificar el material para obtener la cantidad de material necesaria. Resulta importante controlar el giro de los tornillos para poder asegurar un volumen de material dentro de tolerancias aceptables para formar la premezcla, este trabajo se realizará mediante motorreductores y un sistema de control adecuado.

IV. Factibilidad Legal

Para el diseño del sistema de carga de las mezcladoras se tiene en cuenta como marco legal y regulatorio a la normativa vigente que existe en la República Argentina, referida al ámbito de aplicación industrial. De esta forma, se lleva a cabo una revisión de la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo (Ley N° 19.587) y su Decreto Complementario N° 351/79.

Se realiza en análisis en 2 partes:

- La primera consta de un análisis semántico de los ítems de la ley y decreto en cuestión, para así verificar si existen conflictos en la implementación de nuestra mejora.
- La segunda parte consta de extraer estados paramétricos a verificar al implementar nuestra mejora, es decir, debemos obtener parámetros que nos permitan controlar si el proceso infringe o no el marco legal y/o regulatorio de aplicación. También se adiciona el análisis la implementación de las normas **IRAM 80001, 80002, 80003 y 80004** (Todas refieren a la contaminación del aire en ambientes de trabajo) y la **Resolución 861/2015** de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo.

Primera parte:

Luego de realizar el análisis, se encuentra que el proyecto en cuestión debe atender las siguientes cuestiones.

- **Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 19.587**
 - **Art. 4, 6, 7 y 8.**
 - **Capítulo 9 – Contaminación ambiental**
 - **Art. 61.**
- **Decreto Complementario N°351/79**
 - **Anexo I**
 - **Capítulo 15 - Máquinas y Herramientas**
 - **Art. 104 al 109**
 - **Capítulo 15 - Herramientas**
 - **Art. 112**
 - **Capítulo 15 – Aparatos para izar**
 - **Art. 114 a 116.**
 - **Capítulo 15 – Aparejos para izar**
 - **Art. 127 a 130.**
 - **Anexo VI**
 - **Capítulo 14 - Instalaciones Eléctricas**
 - **Art. 95 a 97, 100.**
- **Resolución 295/2003: Apruébense especificaciones técnicas sobre ergonomía y levantamiento manual de cargas, y sobre radiaciones.**

A continuación, se comienza el análisis de todos los artículos que afectan la aplicación de la mejora en el proceso.

- ***Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 19.587***

Art. 4°. La higiene y seguridad en el trabajo comprenderá las normas técnicas y medidas sanitarias, precautorias, de tutela o de cualquier otra índole que tengan por objeto:

- a) proteger la vida, preservar y mantener la integridad psicofísica de los trabajadores;
- b) prevenir, reducir, eliminar o aislar los riesgos de los distintos centros o puestos de trabajo;
- c) estimular y desarrollar una actitud positiva respecto de la prevención de los accidentes o enfermedades que puedan derivarse de la actividad laboral.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona (reduce riesgos laborales).

Art. 6°. Las reglamentaciones de las condiciones de higiene de los ambientes de trabajo deberán considerar primordialmente:

- a) características de diseño de plantas industriales, establecimientos, locales, centros y puestos de trabajo, maquinarias, equipos y procedimientos seguidos en el trabajo;
- b) factores físicos: cubaje, ventilación, temperatura, carga térmica, presión, humedad, iluminación, ruidos, vibraciones y radiaciones ionizantes;
- c) contaminación ambiental: agentes físicos y/o químicos y biológicos;
- d) efluentes industriales.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona (reduce la contaminación y optimiza el proceso).

Art. 7°. Las reglamentaciones de las condiciones de seguridad en el trabajo deberán considerar primordialmente:

- a) instalaciones, artefactos y accesorios; útiles y herramientas: ubicación y conservación;
- b) protección de máquinas, instalaciones y artefactos;
- c) instalaciones eléctricas;
- d) equipos de protección individual de los trabajadores;

- e) prevención de accidentes del trabajo y enfermedades del trabajo;
- f) identificación y rotulado de sustancias nocivas y señalamiento de lugares peligrosos y singularmente peligrosos;
- g) prevención y protección contra incendios y cualquier clase de siniestros.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art. Todos los ítems fueron contemplados.

Art. 8°. Todo empleador debe adoptar y poner en práctica las medidas adecuadas de higiene y seguridad para proteger la vida y la integridad de los trabajadores, especialmente en lo relativo:

- a) A la construcción, adaptación, instalación y equipamiento de los edificios y lugares de trabajo en condiciones ambientales y sanitarias adecuadas;
- b) A la colocación y mantenimiento de resguardos y protectores de maquinarias y de todo género de instalaciones, con los dispositivos de higiene y seguridad que la mejor técnica aconseje;
- c) Al suministro y mantenimiento de los equipos de protección personal;
- d) A las operaciones y procesos de trabajo.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona (mejora condiciones de trabajo, operatividad y ambientales).

Capítulo 9 – Contaminación ambiental

Art. 61 - Todo lugar de trabajo en el que se efectúan procesos que produzcan la contaminación del ambiente con gases, vapores, humos, nieblas, polvos, fibras, aerosoles o emanaciones de cualquier tipo deberá disponer de dispositivos destinados a evitar que dichos contaminantes alcancen niveles que puedan afectar la salud del trabajador. Estos dispositivos deberán ajustarse a lo reglamentado en el Capítulo 11 del presente decreto.

La autoridad competente fijará concentraciones máximas permisibles para los ambientes de trabajo, que figuran como Anexo III como tablas de concentraciones máximas permisibles, las que serán objeto de una revisión anual a fin de su actualización. Cada vez que sea necesario, podrán introducirse modificaciones, eliminaciones o agregados.

En los lugares de trabajo donde se realicen procesos que den origen a estados de contaminación ambiental o donde se almacenen sustancias agresivas (tóxicas, irritantes o infectantes), se deberán efectuar análisis de aire periódicos a intervalos tan frecuentes como las circunstancias lo aconsejen.

La técnica y equipos de muestreo y análisis a utilizar deberán ser aquéllos que los últimos adelantos en la materia aconsejen, actuando en el rasgo de interés sanitario definido por el tamaño de las partículas o las características de las sustancias que puedan producir manifestaciones tóxicas.

1. Esta tarea será programada y evaluada por graduado universitario, conforme a lo establecido en el Capítulo 4, artículo 35.

Cuando se compruebe que algunos de los contaminantes puedan resultar riesgosos por la presencia de otro u otros contaminantes o factores concurrentes por circunstancias no contempladas en la presente reglamentación, la autoridad competente podrá exigir a los establecimientos que disminuyan los contaminantes a concentraciones inferiores a las consignadas en la tabla de concentraciones máximas permisibles.

Los inspectores de la autoridad competente, al realizar la determinación de contaminantes en los lugares de trabajo, deberán proceder a dejar debida constancia en actas de lo siguiente:

Descripción del proceso (información que deberá proporcionar el establecimiento).

Descripción de las condiciones operativas.

Descripción de la técnica de toma de muestra e instrumental utilizado.

Técnica analítica e instrumental utilizado o a utilizar.

Número de muestras tomadas, especificando para cada una tiempo de muestreo, caudal, lugar de toma de muestra y tarea que se está llevando a cabo durante la misma.

Tiempo de exposición.

5.7. Frecuencia de la exposición en la jornada de trabajo

Resultado: Si bien la implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona, sea analizará más en profundidad este capítulo en la segunda parte del análisis legal, ya que el mayor impacto que genera nuestra actividad es la contaminación ambiental. (Toda contaminación al aire generada por la implementación de la mejora será contenida y representa una mejora respecto al sistema actual).

Capítulo 11 – Ventilación

Art. 64 - En todos los establecimientos, la ventilación contribuirá a mantener condiciones ambientales que no perjudiquen la salud del trabajador.

Art. 65 - Los establecimientos en los que se realicen actividades laborales, deberán ventilarse preferentemente en forma natural.

Art. 66.- La ventilación mínima de los locales, determinado en función del número de personas, será la establecida en la tabla (ver ley).

Art. 67 - Si existiera contaminación de cualquier naturaleza o condiciones ambientales que pudieran ser perjudiciales para la salud, tales como carga térmica, vapores, gases, nieblas,

polvos u otras impurezas en el aire, la ventilación contribuirá a mantener permanentemente en todo el establecimiento las condiciones ambientales y en especial la concentración adecuada de oxígeno y la de contaminantes dentro de los valores admisibles y evitará la existencia de zonas de estancamiento.

Art 68 - Cuando por razones debidamente fundadas ante la autoridad competente no sea posible cumplimentar lo expresado en el artículo precedente, ésta podrá autorizar el desempeño de las tareas con las correspondientes precauciones, de modo de asegurar la protección de la salud del trabajador.

Art 69 - Cuando existan sistemas de extracción, los locales poseerán entradas de aire de capacidad y ubicación adecuadas, para reemplazar el aire extraído.

Art 70 - Los equipos de tratamiento de contaminantes, captados por los extractores localizados, deberán estar instalados de modo que no produzcan contaminación ambiental durante las operaciones de descarga o limpieza. Si estuvieran instalados en el interior del local de trabajo, éstas se realizarán únicamente en horas en que no se efectúan tareas en el mismo.

Resultado: Si bien la implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona, sea analizará más en profundidad este capítulo en la segunda parte del análisis legal, ya que el mayor impacto que genera nuestra actividad es la contaminación ambiental. (Toda contaminación al aire generada por la implementación de la mejora será contenida y representa una mejora respecto al sistema actual).

Decreto Complementario N°351/79

Anexo I

Capítulo 15 - Máquinas y Herramientas

Art. 104. Los motores que originen riesgos serán aislados prohibiéndose el acceso del personal ajeno a su servicio. Cuando estén conectados mediante transmisiones mecánicas a otras máquinas y herramientas situadas en distintos locales, el arranque y la detención de estos se efectuará previo aviso o señal convenida. Asimismo, deberán estar provistos de interruptores a distancia, para que en caso de emergencia se pueda detener el motor desde un lugar seguro.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Optimización de dispositivos mecánicos y móviles).

Art. 105. Las transmisiones comprenderán a los árboles, acoplamientos, poleas, correas, engranajes, mecanismos de fricción y otros. En ellas se instalarán las protecciones más

adecuadas al riesgo específico de cada transmisión, a efectos de evitar los posibles accidentes que éstas pudieran causar al trabajador.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Optimización de dispositivos mecánicos y móviles).

Art. 106. Las partes de las máquinas y herramientas en las que existan riesgos mecánicos y donde el trabajador no realice acciones operativas, dispondrán de protecciones eficaces, tales como cubiertas, pantallas, barandas y otras, que cumplirán los siguientes requisitos:

1. Eficaces por su diseño.
2. De material resistente.
3. Desplazamiento para el ajuste o reparación.
4. Permitirán el control y engrase de los elementos de las máquinas.
5. Su montaje o desplazamiento sólo podrá realizarse intencionalmente.
6. No constituirán riesgos por sí mismos.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Optimización de dispositivos mecánicos y móviles, y sistemas de control).

Art. 107. Frente al riesgo mecánico se adoptarán obligatoriamente los dispositivos de seguridad necesarios, que reunirán los siguientes requisitos:

1. Constituirán parte integrante de las máquinas.
2. Actuarán libres de entorpecimiento.
3. No interferirán, innecesariamente, al proceso productivo normal.
4. No limitarán la visual del área operativa.
5. Dejarán libres de obstáculos dicha área.
6. No exigirán posiciones ni movimientos forzados.
7. Protegerán eficazmente de las proyecciones.
8. No constituirán riesgo por sí mismos.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Optimización de dispositivos de seguridad).

Art. 108. Las operaciones de mantenimiento se realizarán con condiciones de seguridad adecuadas, que incluirán de ser necesario la detención de las máquinas.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Optimización de mantenibilidad de dispositivos).

Art. 109. Toda máquina averiada o cuyo funcionamiento sea riesgoso, será señalizada con la prohibición de su manejo por trabajadores no encargados de su reparación. Para evitar su puesta en marcha, se bloqueará el interruptor o llave eléctrica principal o al menos el arrancador directo de los motores eléctricos, mediante candados o dispositivos similares de bloqueo, cuya llave estará en poder del responsable de la reparación que pudiera estarse efectuando. En el caso que la máquina exija el servicio simultáneo de varios grupos de trabajo, los interruptores, llaves o arrancadores antes mencionados deberán poseer un dispositivo especial que contemple su uso múltiple por los distintos grupos.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Optimización de dispositivos de seguridad y de bloqueo).

Herramientas

Art. 112. Los gastos para levantar cargas se apoyarán sobre bases firmes, se colocarán debidamente centrados y dispondrán de mecanismos que eviten su brusco descenso. Una vez elevada la carga, se colocarán calzas que no serán retiradas mientras algún trabajador se encuentre bajo la misma. Se emplearán sólo para cargas permisibles, en función de su potencia, que deberá estar marcada en el mismo.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Optimización de dispositivos mecánicos de izaje y movimiento de materiales).

Aparatos para izar

Art. 114. La carga máxima admisible de cada aparato para izar se marcará en el mismo, en forma destacada y fácilmente legible desde el piso del local o terreno. Se prohíbe utilizar estos aparatos con cargas superiores a la máxima admisible.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Adecuación de la señalización).

Art. 115. La elevación y descenso de las cargas se hará lentamente, evitando todo arranque o detención brusca y se efectuará, siempre que sea posible, en sentido vertical para evitar el balanceo. Cuando sea de absoluta necesidad la elevación de las cargas en sentido oblicuo, se tomarán las máximas garantías de seguridad por el jefe o encargado de tal trabajo.

Las personas encargadas del manejo de los aparatos para izar no deberán bajo ningún concepto transportar cargas por encima de las personas. Tanto aquellas, como los responsables de efectuar la dirección y señalamiento de las maniobras, estarán regidos por un código uniforme de señales bien comprensible.

No se dejarán los aparatos para izar con cargas suspendidas. Se prohíbe viajar sobre cargas, ganchos o eslingas.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Optimización de dispositivos mecánicos de izaje y movimiento de materiales).

Art. 116. Todo nuevo aparato para izar será cuidadosamente revisado y ensayado, por personal competente, antes de utilizarlo. Diariamente, la persona encargada del manejo del aparato para izar verificará el estado de todos los elementos sometidos a esfuerzo. Trimestralmente, personal especializado realizará una revisión general de todos los elementos de los aparatos para izar y a fondo, de los cables, cadenas, fin de carrera, límites de izaje, poleas, frenos y controles eléctricos y de mando, del aparato.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Optimización de dispositivos mecánicos de izaje, movimiento de materiales y procedimientos).

Aparejos para izar

Art. 127. Todos los elementos de los transportadores tendrán suficiente resistencia para soportar las cargas que deban ser desplazadas.

Los pisos, plataformas y pasillos a lo largo de los transportadores, se conservarán libres de obstáculos, serán antideslizantes y dispondrán de drenaje para evitar la acumulación de líquidos.

Los transportadores elevados a nivel del piso o en fosos, estarán provistos de barandas. Cuando se deba pasar por encima de transportadores, se instalarán puentes, cuyas escaleras y barandas serán seguras.

Todas las transmisiones, mecanismos y motores de los mismos serán cubiertos con resguardos.

Los transportadores elevados que crucen sobre lugares de trabajo estarán dotados de planchas o pantallas inferiores para recoger los materiales que pudieran caerse.

Se dispondrá de frenos y dispositivos para la detención de la maquinaria y para evitar que aquellos puedan funcionar hacia atrás.

Para la carga de materiales a granel se dispondrá de tolvas para la alimentación de los transportadores.

Se protegerán las tolvas cuya parte superior esté situada a menos de 1 metro de altura sobre los pisos o plataformas de trabajo.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Optimización de dispositivos mecánicos de izaje y movimiento de materiales).

Art. 128. Los transportadores a rodillos por gravedad estarán provistos de guías o barandillas a los lados de estos, si éstos se hallan a más de 1,50 m. sobre el piso y en todo caso, en las esquinas o vueltas de sus recorridos.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Optimización de dispositivos mecánicos de izaje y movimiento de materiales).

Art. 129. Los ejes y engranajes de los transportadores a rodillos por fuerza motriz estarán cubiertos por resguardos y cuando entre los rodillos exista separación, el espacio entre ellos estará provisto de cubiertas resistentes, adecuadas para soportar una carga mínima de 70 kg. en cualquier punto, sin que aquellos se desplacen.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Optimización de dispositivos mecánicos de izaje y movimiento de materiales).

Art. 130. En los puntos de contacto de las cintas transportadoras, se instalarán resguardos hasta un metro del tambor. Cuando éstas penetran en fosos, éstos estarán cubiertos con rejillas o barandas que impidan el paso o caída de las personas.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Optimización de dispositivos mecánicos de izaje y movimiento de materiales).

Anexo VI

Capítulo 14 - Instalaciones Eléctricas

Art. 95 - Las instalaciones y equipos eléctricos de los establecimientos deberán cumplir con las prescripciones necesarias para evitar riesgos a personas o cosas.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Optimización del sistema eléctrico).

Art. 96 - Los materiales y equipos que se utilicen en las instalaciones eléctricas cumplirán con las exigencias de las normas técnicas correspondientes. En caso de no estar normalizados, deberán asegurar las prescripciones previstas en el presente Capítulo.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Sistema eléctrico y componentes normalizados).

Art. 97 - Los proyectos de instalaciones y equipos eléctricos responderán a los anexos correspondientes de este reglamento y además los de más de 1000 voltios de tensión deberán estar aprobados en los rubros de su competencia por el responsable del Servicio de Higiene y Seguridad en el Trabajo de cada establecimiento.

Las tareas de montaje, maniobra o mantenimiento sin o con tensión, se regirán por las disposiciones del Anexo VI.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Sistema eléctrico y componentes normalizados).

Art. 100 - En lo referente a motores, conductores, interruptores, seccionadores, transformadores, condensadores, alternadores, celdas de protección, cortacircuitos, equipos y herramientas, máquinas de elevación y transporte, se tendrá en cuenta lo establecido en el Anexo VI.

Resultado: La implementación de la mejora no genera conflicto con la aplicación del art., por el contrario, contribuye a los aspectos que menciona. (Sistema eléctrico y componentes normalizados).

- **Resolución 295/2003: Apruébense especificaciones técnicas sobre ergonomía y levantamiento manual de cargas, y sobre radiaciones.**

Todos aquellos aspectos contenidos en la resolución son respetados y no causan conflicto con la implementación de la mejora, por el contrario, la implementación de esta representa una mejora en los aspectos ergonómicos que debe desarrollar el empleado en el proceso.

Conclusión:

A continuación, se presenta una tabla con resumen del cumplimiento legal:

Ley, decreto, Resolución	Capítulo	Art.	Cumple	Observación
<i>Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 19.587</i>	9 y 11	4, 6, 7 y 8	OK	Se analiza en mayor profundidad los capítulos 9 y 11 en la 2° parte del análisis
<i>Decreto Complementario N°351/79</i>	15 (Máquinas y herramientas)	104 al 109	OK	
	15 (Herramientas)	112	OK	
	15 (Aparatos para izar)	114 a 116	OK	
	15 (Aparejos para izar)	127 a 130	OK	
<i>Resolución 295/2003</i>	<i>Ergonomía y levantamiento manual de cargas</i>		OK	

Tabla 4.1. – Conclusión Factibilidad Legal Primera Parte

Como análisis final del primer apartado del análisis legal encontramos que la implementación de la mejora **NO** genera conflictos con las reglamentaciones vigentes correspondientes a la actividad y proceso en cuestión. Además, se contribuye a mejorar aspectos analizados en los artículos y/o resoluciones.

Segunda parte:

El objetivo de esta parte es encontrar estados paramétricos que nos permitan controlar y evaluar la implementación de la mejora asegurando la ausencia de conflictos legales y ambientales. Se utiliza como fuente de información la **Ley N° 19.587, en sus capítulos 9 y 11**. Nos centramos en estos ya que abordan el tema de Contaminación ambiental, ya que nuestro proceso genera un gran impacto en la contaminación de este tipo. Como complemento adicionamos las normas **IRAM:**

80001: Contaminación del aire en ambientes de trabajo. Definiciones de los sistemas de muestreo.

80002: Contaminación del aire en ambientes de trabajo. Definiciones de aparatos y equipos.

80003: Contaminación del aire en ambientes de trabajo. Definiciones sobre concentraciones admisibles y exposiciones a tóxicos.

80004: Contaminación del aire en ambientes de trabajo. Definiciones relacionadas con los contaminantes del aire.

Como se observa, las normas **80001** y **80002** nos determinan métodos de ensayo, por lo cual en este apartado solo serán nombradas ya que serán utilizadas al momento de realizar el ensayo de verificación. En cuanto a las normas **80003** y **80004** nos otorgan definiciones sobre las concentraciones admisibles y exposiciones a tóxicos.

En cuanto a los capítulos 9 y 11 de la **Ley N° 19.587** nos indican caudales de renovación mínima de aire según la ocupación de personas en el lugar. Se adjunta la siguiente tabla:

PARA ACTIVIDAD SEDENTARIA

Cantidad de personas	Cubaje del local en metros cúbicos por personas	Caudal de aire necesario en metros cúbicos por hora y por persona
1	3	65
1	6	43
1	9	31
1	12	23
1	15	18

Tabla 4.2. – Renovación Mínima de Aire

Este valor deberá cumplirse al implementar la mejora para no generar un impacto negativo en los trabajadores y también estar dentro de los parámetros de la ley.

En cuanto a la **Resolución 861/2015 de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo** establece el formato y metodología de recopilación de datos, donde se vuelca toda la información relevante a la medición, el puesto de trabajo evaluado, el resultado de la medición y el límite permitido de exposición.

La **Resolución 295/2003** nos entrega tablas con los valores máximos admisibles en el aire, según el/los compuestos químicos en suspensión. Como ya lo mencionamos antes, y de acuerdo a los sistemas tecnológicos a implementar (cintas transportadoras, molinos, tornillos sinfín y silos) el mayor impacto se centra en la generación de polvos, que generará que los químicos de las mezclas queden en suspensión en el aire.

Los compuestos químicos son:

- **Arcilla Calcinada (50% alúmina)**
- **Bauxita (Compuesto por alúmina, óxido de hierro y sílice)**
 - Alúmina (óxido de aluminio: Al_2O_3)
 - Sílice
 - Cuarzo

Se obtiene de la tabla:

VALORES ACEPTADOS							
SUSTANCIA	N° CAS	CMP	CMP-CPT CMP-C	NOTACIONES	PM	EFFECTOS CRITICOS	
Silicato de metilo	681-84-5	1	ppm	—	—	Ocular, pulmón	
Sílice, Amorfa- Tierra de diatomeas (sin calcinar)	61790-53-2	10 ^{F1)} 3E ¹⁰⁾	mg/m ³ mg/m ³	—	—	Iritación, neumoconiosis	
Sílice fundida	60676-86-0	0,1 ^E	mg/m ³	—	—	Fibrosis pulmonar	
Sílice, humos	69012-64-2	2 ^o	mg/m ³	—	—	Iritación, fiebre	
Sílice precipitada y gel de sílice	112926-00-8	10	mg/m ³	—	—	Iritación	
Sílice cristalina- Cristobalita	14464-46-1	0,05 ^o	mg/m ³	—	—	Fibrosis pulmonar, silicosis	
Cuarzo	14808-60-7	0,05 ^o	mg/m ³	—	A2	Fibrosis pulmonar, silicosis, función pulmonar, cáncer	
Combinación de humos	10029-97-3	0,1	ppm	—	—	Iritación, irritación	
Oxido de aluminio	1344-28-1	10 ^{F1)}	mg/m ³	-	A4	Pulmón, irritación	
Oxido de boro	1303-86-2	10	mg/m ³	-	-	Iritación	
Oxido de calcio	1305-78-8	2	mg/m ³	-	-	Iritación	
Oxido de Cinc	1314-13-2	5	mg/m ³	10	mg/m ³	Pulmón, fiebre del metal	
Polvo		10	mg/m ³			Pulmón	
Oxido de difenilo o-clorado	31242-93-0	0,5	mg/m ³	—	—	Cloracné, hígado	
Oxido de plomo	7529-83-8	1	mg/m ³	—	—	Cáncer	

Tabla 4.3. – Concentraciones Máximas. Res. 295/2003

Se obtiene los siguientes parámetros:

Químico	Concentración máxima permitida (mg/m3)	Efectos críticos
Alúmina	10	Irritación
Sílice	3 a 10	Irritación Neumoconiosis
Cuarzo	0.05	Fibrosis Pulmonar Silicosis Funcion pulmonar Cancer

Tabla 4.4 – Concentraciones Máximas Permitidas. Res. 295/2003

Como análisis final del segundo apartado del análisis legal encontramos las herramientas y parámetros que nos permiten controlar la correcta implementación de la mejora sin crear conflictos con la ley y normativa vigente. También se hallaron las herramientas de consulta para implementar correctamente todos los ensayos.

V. Uso Pretendido del Producto

Análisis FODA

Para dar inicio al análisis se procede a listar y explicar las Fortalezas y Debilidades (ambiente interno), Oportunidades y Amenazas (ambiente externo) que resultan inherentes a nuestro proyecto. Es importante señalar que la lista de cada una no se encuentra ordenada de ninguna manera en particular.

En todos los casos, el análisis de cada variable se efectúa contra la opción de no efectuar la mejora propuesta en el proyecto. Esto implica que toda la estructura productiva quede como se encuentra actualmente, sin ningún problema concreto, pero con elevadas oportunidades de mejora.

Ambiente Interno (*controlable*)

Fortalezas

- *Disminución de costos sin pérdida de la calidad*
Uno de los puntos centrales de la compañía resulta la calidad de sus productos, por lo que esta resulta una fortaleza estratégica de nuestro proyecto.
- *Reducción en el uso de autoelevadores*
Aspecto central que permitirá reducir no solo costos operativos y de mantenimiento, sino también aumentará la seguridad de la planta.
- *Eliminación de carga física en el operario al cargar la mezcla*
Muy en concordancia con el inciso anterior, permitirá, de forma indirecta, mejorar la seguridad de la planta.
- *Reducción de tiempos de producción*
Permitirá producir una mayor cantidad a igual tiempo, lo cual reduce el costo fijo unitario del producto, mejorando su utilidad. A su vez, aumenta la capacidad de producción.
- *Variabilidad de la producción*
La empresa posee una estrategia productiva enfocada en el proceso, lo cual implica un bajo volumen de venta individual con grandes variedades de productos. En este caso, aplicar el proyecto puede implicar una mejora en dicha flexibilidad debido a la simpleza de dosificación que proponemos.
- *Menor contaminación ambiental*
La reducción de la cantidad de bolsas a cargar y descargar disminuye considerablemente la concentración de polvo en el ambiente. Esto también favorece a los sistemas de extracción.

Debilidades

- *Importante periodo de repago*
La situación económica apremiante que el país atraviesa puede condicionar la inversión requerida si el tiempo de repago resulta elevado para la necesidad de liquidez de la empresa (pagos de salarios, servicios, proveedores, etc.).
- *Elevada inversión y cantidad de productos importados*
Puede atentar la capacidad de la empresa de conseguir la financiación necesaria.

- *Resistencia al cambio*
La planta cuenta con operarios de gran antigüedad con lo que, al inicio, existe la posibilidad de contar con rechazo al cambio del sistema productivo.
- *Capacitación del personal*
Tanto el personal de mantenimiento como el de producción debe ser capacitado en la utilización de los nuevos equipos como así también en su mantenimiento y correcto uso.
- *Solución de compromiso*
La mejora puede verse como una solución de compromiso ante el problema existente del layout de la planta. En este caso específico comparamos nuestro proyecto contra otros que se encuentran fuera de alcance, como puede ser el cambio completo de la distribución actual, la construcción de una nueva planta o una nueva localización.
- *Reducción en el consumo de combustible*
El precio de los combustibles en el país se encuentra congelado en valores muy bajos (respecto al dólar), lo cual produce que una disminución en su consumo no se vea reflejada en el costo.

Ambiente Externo (*no controlable*)

Oportunidades

- *Importancia de la industria Siderúrgica en el país*
Es uno de los sectores industriales históricos más grandes del país y representa una gran parte de los clientes de la empresa.
- *Clientes fuera de las zonas más afectadas por la pandemia y cuarentenas*
La empresa posee una gran cantidad de clientes en el interior del país, los cuáles, a su vez, exportan sus productos. De esta forma, el reducir los costos manteniendo las ventas se traduce en mayor ganancia.
- *Salida de crisis*
La salida de la cuarentena y crisis económica (si se produce) puede implicar el aprovechamiento de planes de inversión o incentivo a la producción, tanto estatales como privados. Además, al desarrollar una actividad periférica a la Construcción, y al ser esta una de las primeras actividades que se espera que repunten en la post crisis/pandemia, beneficia aún más el panorama futuro.
- *Puntapié inicial*
El proyecto planteado puede ser el inicio de otras mejoras que deben sucederse en la empresa. Aquí encontramos una gran oportunidad para llevar a cabo la mejora.
- *Nueva Gerencia*
El traspaso de mando generacional que sucedió recientemente produce que la misma esté en concordancia con el proyecto y las ideas de mejora.
- *No entrada en Default*
Que el país no haya entrado en default resulta ideal para conseguir inversión extranjera en la empresa.

Amenazas

- *Recesión económica global*
La pandemia de COVID-19 produjo importantes pérdidas en el PBI de muchos países.

- *Recesión económica local*
Sumado al inciso anterior, el país acumula varios años de recesión e inflación que lo posicionan dentro de una crisis económica sumamente importante.
- *Control de cambios*
Puede dificultar la obtención de bienes e insumos importados. Este problema no se tendría con el sistema productivo actual.
- *Competencia de multinacionales*
Si bien estas empresas no comercializan el mismo tipo de productos (se encuentran más orientadas a la producción masiva de ladrillos refractarios), la gran espalda financiera que poseen puede ser una amenaza a la hora de acaparar mercados.
- *Falta de plan económico nacional*
La falta de un plan económico genera incertidumbres en el mercado lo cual puede afectar el volumen de ventas y aumenta el riesgo de una inversión
- *Inestabilidad ante el cambio de Gerencia*
El comienzo de una nueva dirección puede producir inestabilidad al comienzo.
- *Inflación y falta de incentivos actuales a la producción*
Si bien la factibilidad económica-financiera está planteada en una moneda fuerte, la inflación que puede aparecer en los meses siguientes puede “restringir” mucho las condiciones para obtener créditos a PyMES. Esto puede complicar al proyecto en caso de no contar con inversión extranjera. A su vez, la falta actual de incentivos a la inversión productiva implica de por sí elevadas tasas de interés al tratar de conseguir financiación.

Matriz FODA y Vector Representativo

En primer lugar, se procede a ponderar cada una de las variables anteriormente listadas teniendo en cuenta su significancia para el proyecto. De esta forma, se las evalúa con números del 1 al 10 en donde 1 implica poca significancia, en cambio que 10 resulta la máxima.

FORTALEZAS	
Tipo	Peso Relativo
Disminución de costos sin pérdida de calidad	9
Reducción uso de autoelevadores	6
Eliminación de fuerza física	8
Reducción de tiempos de producción	9
Proyecto en concordancia con el esquema productivo	7
Disminución de contaminación ambiental	6
Total Fortalezas	45

Tabla 5.1. – Análisis FODA, Fortalezas

DEBILIDADES	
Tipo	Peso Relativo
Período de repago	9
Elevada inversión	9
Resistencia al cambio	5
Capacitaciones al personal	4
Solución de compromiso	5
Bajo costo del combustible	6
Total Debilidades	38

Tabla 5.2. – Análisis FODA, Debilidades

OPORTUNIDADES	
Tipo	Peso Relativo
Importancia estratégica de la industria	7
Clientes en zonas con menor impacto de la pandemia	5
Incentivos a la producción al salir de la crisis	8
Puntapié inicial a mejoras necesarias	5
Objetivos y estrategia gerencial en concordancia con el proyecto	9
No entrada en default	6
Total Oportunidades	40

Tabla 5.3. – Análisis FODA, Oportunidades

AMENAZAS	
Tipo	Peso Relativo
Recesión económica global	8
Recesión económica local agravada	10
Control de cambios	8
Competencia de multinacionales	7
Falta de plan económico nacional	8
Inestabilidad debido al cambio de gerencia	5
Inflación y falta de incentivos	8
Total Amenazas	54

Tabla 5.4. – Análisis FODA, Amenazas

Una vez ponderadas las distintas fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas se continua por calcular las coordenadas del vector representativo, teniendo en cuenta que la abscisa viene dada por la resta de las oportunidades y amenazas, en cambio que la ordenada resulta la resta de las fortalezas y debilidades. Esto puede observarse en el siguiente cuadro

S (O-A)	-14
S (F-D)	7

Tabla 5.5. – Vector FODA

Con estos valores, el vector representativo se define de la siguiente manera

$$V = -14x + 7y$$

Teniendo en cuenta el vector y la disposición de los cuadrantes, se grafica

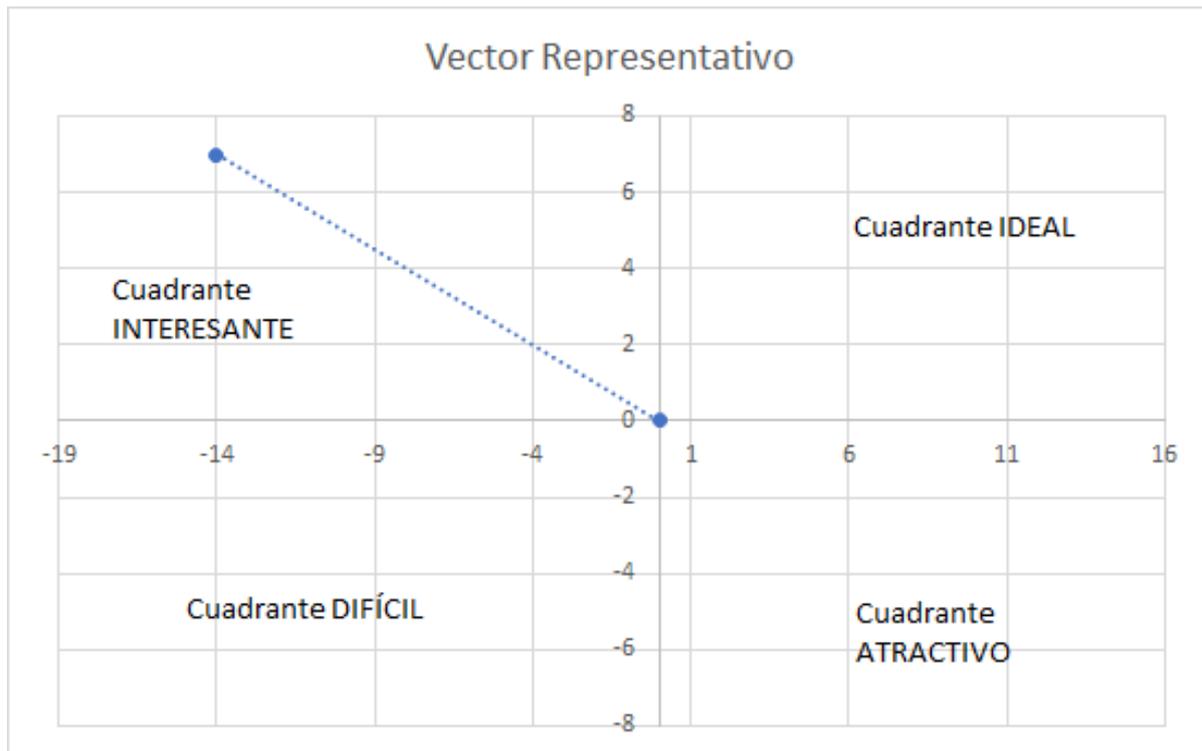


Gráfico 5.1. – Cuadrantes y Vector FODA

Como puede observarse, el proyecto cae dentro del cuadrante **INTERESANTE**. Esto implica que, si bien nuestras fortalezas superan a las debilidades, el proyecto puede verse condicionado por las amenazas externas.

Conclusiones

En primer lugar, se observa que las amenazas resultan la característica de mayor peso entre las cuatro, lo cual resulta un importante inconveniente ya que no tenemos forma de evitarlas o controlarlas debido a que las mismas se deben a una situación externa compleja e inestable presente en el ambiente externo.

En cuanto a la situación interna, resulta una buena señal que las fortalezas superen por buen margen a las debilidades ya que implica que el proyecto tiene la capacidad de concretarse siempre y cuando lo externo mejore.

En concordancia con lo anterior, las fortalezas y oportunidades resultan mayores que las debilidades, lo cual también implica que, ante una disminución en la significancia de las amenazas, el proyecto pueda concretarse sin mayores inconvenientes.

De esta manera se concluye que, si bien las modificaciones del proceso resultan en una mejora considerable en varios aspectos importantes en la producción y resultaría favorable para la empresa implementarlas, dadas las circunstancias externas y la necesidad de una inversión considerable, se determina que sería mejor ejecutarlas cuando las condiciones no sean tan apremiantes y se tenga una mayor previsibilidad del mercado.

Como segunda estrategia se debe plantear el objetivo de reducir las debilidades o, de no ser posible, reducir la significancia de las más importantes. De esta manera, al hablar sobre la importante inversión y período de repago se debe también pensar en la magnitud de los cambios

que se van a llevar a cabo. Por un lado, el sistema productivo actual sufrió pocos cambios desde el inicio de la compañía, con lo cual poseer un período de repago de años se torna menos significativo si se tiene en cuenta el tiempo que va a perdurar la mejora. Por el otro, este razonamiento puede aplicarse de forma análoga a la elevada inversión a efectuar, aunque, de igual forma, el contexto económico actual tanto del país como de la empresa generan que estas debilidades posean elevada significancia dentro del proyecto. Coincidimos en que, una vez que las condiciones externas mejoren, el peso de estas dos debilidades disminuirá considerablemente, lo cual implica que la estrategia planteada en el párrafo anterior resulte favorable tanto para reducir las amenazas como las debilidades.

Mejora de Proceso Productivo

La mejora por implementar involucra cambios en el flujo de procesos de producción actual. Para poder llevarla a cabo se deben adicionar distintos equipos para los cuales resulta necesario diseñar, dimensionar y seleccionar acorde a las necesidades.

El proceso con la mejora realizada comienza, de la misma manera que en la actualidad, con el ingreso del camión con la arcilla calcinada al sector de molienda donde es descargada en el molino principal en el cual comienza el proceso de trituración primaria. A partir de este sector se produce la separación del material en función del tamaño de grano obtenido. En esta etapa se obtienen las 3 granulometrías de mayor tamaño (310, 1030 y 30MA).

Luego para obtener la granulometría 610 se acopla un molino de rodillos a la salida de la molienda principal y se procesa la cantidad necesaria de granulometría 310 proveniente de la esta.

Para conseguir la granulometría 30MB se utiliza también la 310 pero se la hace pasar por un molino de bolas. Este molino en la actualidad se encuentra distante de la salida de la molienda principal, pero a partir de la mejora se moverá a continuación de esta. De esta forma se realizará todo el triturado del material en un mismo sector. (Ver diagrama de Flujo de Proceso de Molienda)

En paralelo a los procesos mencionados un extractor sustrae el polvo producido tanto en la trituración primaria como en el molino de rodillos y en el molino de bolas obteniendo así la última granulometría. Esta es la granulometría FF y es la más fina de todas las producidas en este sector.

A partir del movimiento del molino de bolas se logrará tener una misma descarga para todas las granulometrías mencionadas. Esto resulta de vital importancia para la continuación del proceso productivo mejorado.

Inmediatamente después de la boca de salida donde se tienen todas las granulometrías se colocará una cinta transportadora con la función de elevar y transportar todo el material producido a la siguiente etapa.

En un sector que actualmente está abocado a stock se colocarán 6 silos, uno por cada granulometría, para almacenar el material producido y tenerlo listo para abastecer los procesos siguientes.

La transferencia entre la cinta transportadora y los silos se realiza mediante un tripper, el cual es un carro montado sobre la estructura de la cinta que mediante su desplazamiento permite descargar el material sobre cada uno de los 6 silos. Los silos mencionados además constan de un sistema de pesaje que permite controlar la cantidad de material que tienen los mismos.

La última parte de la mejora consiste en la implementación de tornillos transportadores ubicados a la salida de dichos silos. De esta manera se utilizarán como tornillos dosificadores permitiendo extraer del silo una cantidad determinada de material de acuerdo con las necesidades de cada producto.

Para mayor información respecto a las materias primas y granulometrías descritas en este sector recomendamos al lector leer la información que se encuentra en el apartado “Material a transportar” dentro de la sección VIII “Cálculo y Selección de Componentes”.

Proceso de Molienda Actual

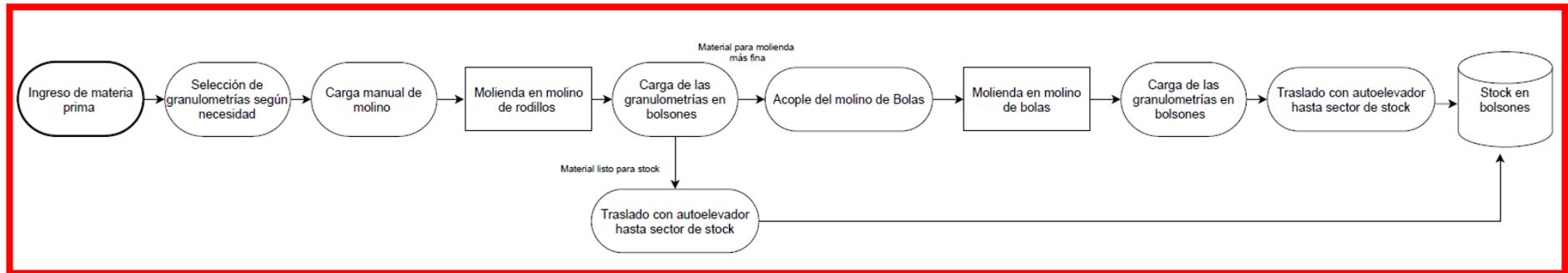


Gráfico 5.2. – Diagrama de Flujo Proceso de Molienda Actual

Proceso General Actual

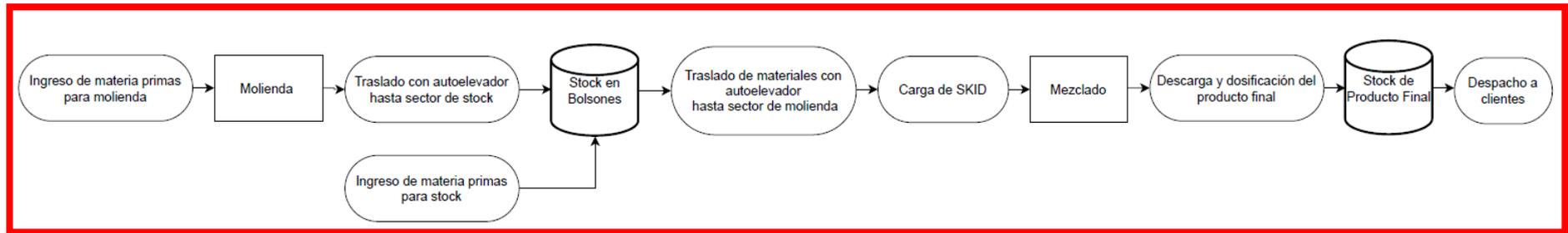


Gráfico 5.3. – Diagrama de Flujo Proceso General Actual

Proceso de Molienda Mejorado

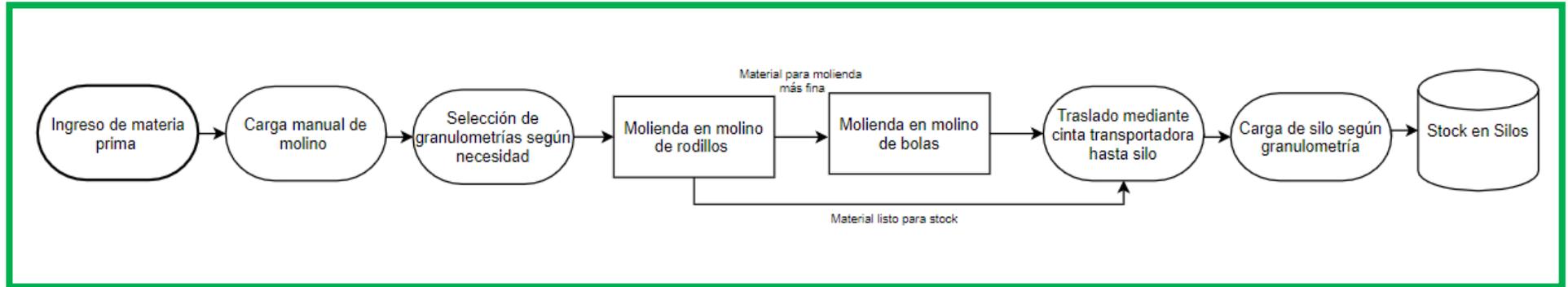


Gráfico 5.4. – Diagrama de Flujo Proceso de Molienda Mejorado

Proceso General Mejorado

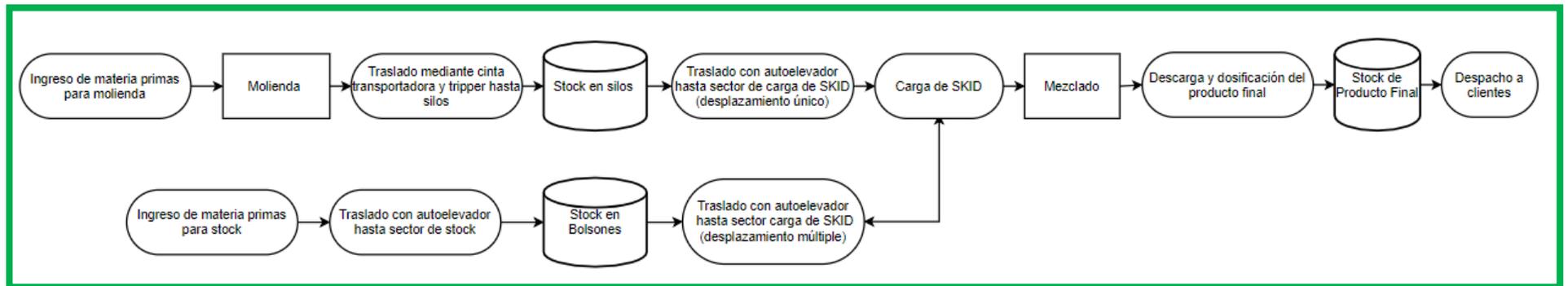
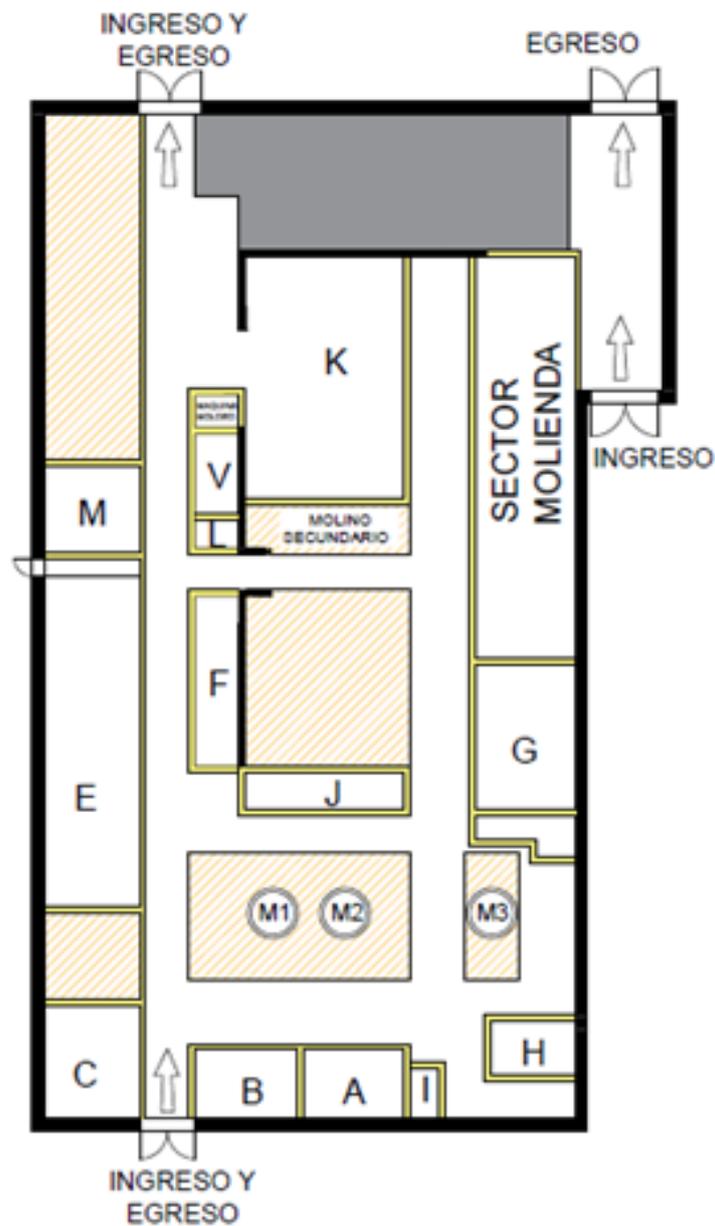


Gráfico 5.5. – Diagrama de Flujo Proceso General Mejorado

Estudio de Lay-out

El planteo de nuestra mejora incluye dos partes principales, una considera un cambio y mejora en el Layout (por los problemas previamente descritos) y la implementación propiamente dicha con los nuevos sistemas de stock y transporte.

Para llevar a cabo la mejora propuesta es necesario realizar una modificación del Layout actual de la instalación. Como se menciona anteriormente, se reacomodará el molino de bolas para centralizar todo el proceso de molienda y así tener una misma salida para todas las granulometrías de arcilla calcinada. Además, se relocalizarán sectores de stock para dar lugar a los silos y la cinta transportadora. Nuestro Layout actual es el siguiente:



M1	MEZCLADORA
M2	MEZCLADORA
M3	MEZCLADORA

A	STOCK PRODUCTO FINAL
B	STOCK PRODUCTO FINAL
C	MATERIA PRIMA SIN MOLIENDA PREVIA
E	STOCK DE PRODUCTO MOLIDO
F	MATERIA PRIMA SIN MOLIENDA PREVIA
G	MATERIA PRIMA SIN MOLIENDA PREVIA
H	MATERIA PRIMA SIN MOLIENDA PREVIA
J	MATERIA PRIMA SIN MOLIENDA PREVIA
K	STOCK DE PRODUCTO MOLIDO
L	SECTOR STOCK MAQUINARIA
M	SECTOR STOCK MAQUINARIA
V	SECTOR STOCK MAQUINARIA

Gráfico 5.6. – Layout de Planta Actual

Para mayor información sobre los flujos de materiales, se adjunta:

- Layout con los procesos existentes, donde quedan evidenciados los problemas de contraflujos.
- Introducción y resumen del proyecto, donde se analizan los problemas existentes del Layout actual.

Iniciando el análisis de rediseño del Layout, se enuncian los sectores involucrados. Estos son:

- Ingreso de MP
- Egreso de PF
- Stock materia prima
- Stock producto molido
- Stock producto salida de mezcladoras (PF)
- Mezcladoras
- Molinos

Para comenzar con el estudio, definimos como “condiciones de contorno” a considerar:

- Reubicación del ingreso de materia prima y salida de producto final, ya que no se diferencian uno del otro, provocando contraflujos de procesos
- Reubicación del sistema de molienda (presenta contraflujos de procesos)
- Modificación de la metodología de stock de materias primas y salida de molienda (metodología ineficiente). Esto reducirá notablemente las superficies requeridas. Aunque en este apartado se utilizará las dimensiones actuales, será un beneficio extra.
- Modificaciones del Sist. De transporte (Si bien no se desarrollan las mismas en este apartado, la modificación del Layout condicionarán las mismas)

Diagrama de relaciones

		1	2	3	4	5	6	7
1	Ingreso MP							
2	Egreso PF	X/2						
3	Stock materia prima	A/2	X/2					
4	Stock producto molido	U	X/2	E/2				
5	Mezcladoras	O	O	I/2	A/2			
6	Molinos	I/2	O	A/2	A/2	I		
7	Stock producto final	X/2	A/2	X/2	E/2	A/2	O	

Tabla 5.6. – Diagrama de Relaciones

Definidas las áreas y nuestras condiciones de contorno, se establece el diagrama de relaciones entre sectores de la siguiente forma:

DEFINICION DE CERCANIA		RAZON DE CERCANIA	
A	Absolutamente necesaria la cercanía	1	Seguridad
E	Muy importante	2	Mejor flujo
I	Importante	3	Movimiento de personas
O	Menos importante	4	Calidad
U	Sin importancia	5	Ruidos/Olores
X	No deseable	6	etc.

Tabla 5.7. – Definición y Razón de Cercanía

Como se observa, definimos el requerimiento de cercanía junto con la razón de esta. Esto queda plasmado en la matriz de relaciones que se muestra a continuación:

Para entender mejor las relaciones, se muestran de la siguiente manera:

		A	E	I	U	O	X
1	Ingreso MP						
2	Egreso PF						1
3	Stock materia prima	1					2
4	Stock producto molido		3		1		2
5	Mezcladoras	4		3		1 ; 2	
6	Molinos	3 ; 4		1 ; 5		2	
7	Stock producto final	2 ; 5	4				1 ; 3

Tabla 5.8. – Requerimientos de Cercanía

Ya definidas las cercanías en función de las relaciones, comenzamos a ubicar los sectores de manera adimensional con el flujo de materiales, con las siguientes características:

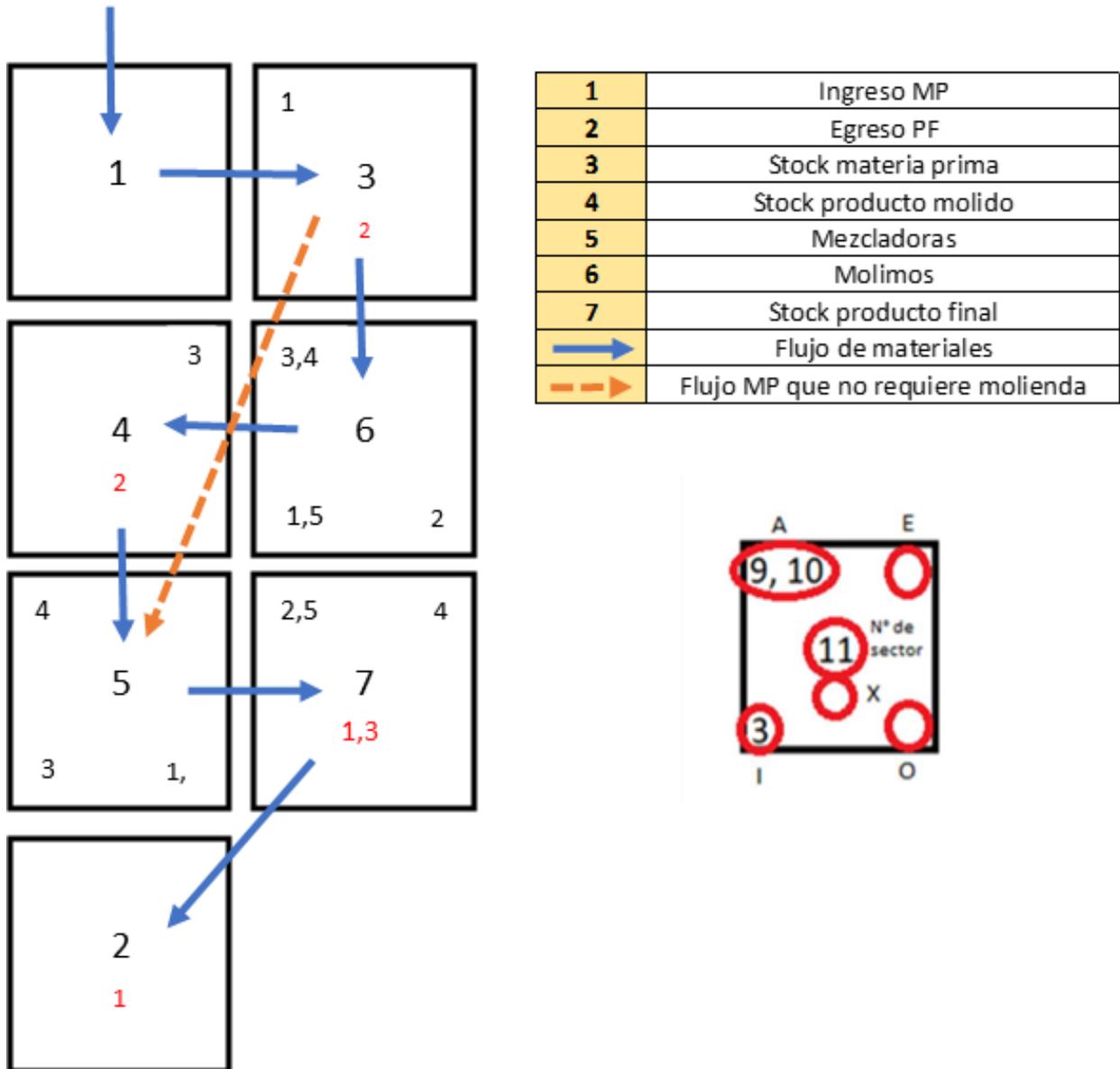
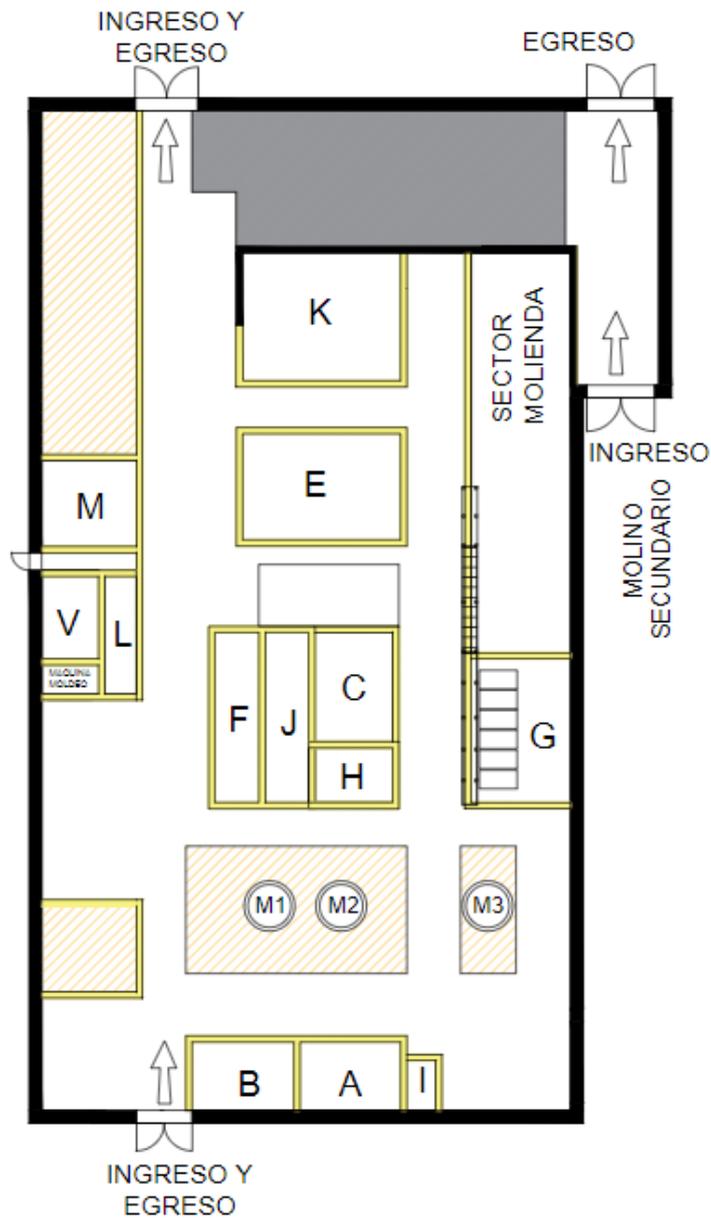


Gráfico 5.7. – Layout Adimensional

Ahora bien, ya definidos los sectores, ya podemos expandir algunas zonas, como por ejemplo la de stock de MP, ya que está compuesta a su vez por diferentes tipos de materiales. Debemos tener en cuenta que los sectores:

A continuación, se muestra como es la nueva distribución de los sectores de la planta a partir del Layout:



M1	MEZCLADORA
M2	MEZCLADORA
M3	MEZCLADORA
A	STOCK PRODUCTO FINAL
B	STOCK PRODUCTO FINAL
C	MATERIA PRIMA SIN MOLIENDA PREVIA
E	STOCK DE PRODUCTO MOLIDO

F	MATERIA PRIMA SIN MOLIENDA PREVIA
G	SECTOR SILOS
H	MATERIA PRIMA SIN MOLIENDA PREVIA
J	MATERIA PRIMA SIN MOLIENDA PREVIA
K	STOCK DE PRODUCTO MOLIDO
L	SECTOR STOCK MAQUINARIA
M	SECTOR STOCK MAQUINARIA
V	SECTOR STOCK MAQUINARIA

Gráfico 5.9. – Layout Propuesto

VI. AMFE

Para poder contar con la mayor cantidad de información pertinente respecto a los modos de falla de la instalación, se llevan a cabo cinco AMFE de la siguiente manera.

- AMFE del Nuevo Proceso Productivo.
- AMFE de la Cinta Transportadora.
- AMFE del Carro Tripper.
- AMFE de los Silos
- AMFE de los Tornillos Dosificadores.

Además, se realiza un análisis más detallado sobre aquellos 5 modos de falla que poseen una severidad de 10 ya que son los que más ponen en riesgo la seguridad de los operarios y las regulaciones medioambientales (definidas en la factibilidad legal).

Finalmente se detallan las acciones a realizar y su impacto en el NPR calculado.

AMFE del Nuevo Proceso Productivo

Elementos y Estructura del Sistema

Para este primer inciso utilizaremos los diagramas de flujo del nuevo proceso productivo, los cuales se encuentran dentro de la sección “Uso Pretendido del Producto”, dentro de la Ingeniería Básica del proyecto.

Funciones

En segundo lugar, se lleva a cabo la definición de cada una de las funciones encontradas en el proceso productivo.

- Transportar: la cinta transportadora debe ser capaz de transportar el material granulado proveniente de molienda según los siguientes caudales:
 - Granulometría más gruesa: 6 ton/h.
 - Granulometrías restantes: 0,5 ton/h.
- Almacenar: los silos deben almacenar 2 toneladas de material, de esta manera garantizamos un 100% de stock de seguridad ante inconvenientes que puedan surgir en el sector de molienda.
- Dosificar: los tornillos deben dosificar una capacidad másica requerida de 6 ton/h.
- Conservar el material: ningún componente de la instalación debe afectar en detrimento la calidad del producto, lo cual implica que el material no puede ser contaminado ni tampoco mezclado entre sí (con el objetivo de evitar reprocesos). La masa del material al inicio de la cinta y a la salida de los tornillos debe ser la misma.
- Prevenir contaminación ambiental: tal como se detalló en la factibilidad legal, el material no debe estar presente como polvo en suspensión en el ambiente. Esto implica que ningún componente de la instalación debe hacerlo.
- Respalda la integridad de los operarios y los equipos: nuevamente, ningún equipo debe representar una amenaza para la seguridad de los operarios como así tampoco hacia el proceso productivo.

Modos de Falla, Efectos y Causas del Modo de Falla

Una vez definidas las funciones, se detallan los modos de falla, efectos y causas de cada una. Para ello se utiliza la siguiente tabla, entendiéndose como “Modo de Falla” al momento en el cual un sistema no funciona de acuerdo a sus especificaciones requeridas.

Funciones	Modos de Falla	Efectos del Modo de Falla	Causas del Modo de Falla
Transportar	No transportar el material de molienda a los silos	Frena el proceso de Molienda Pérdida de eficiencia	Fallas en Molienda Motores Elementos de máquinas
	Transportar el material a un caudal inferior a 6 ton/h	Pérdida de material No abastecimientos de los Silos	Sistema de Control Calidad del material
Almacenar	No almacenar el material	Pérdida de material Desabastecimiento de tornillos	No abastecimiento del sistema Estructura Elementos de máquinas Sistema de control No desabastece Molienda
Dosificar	No dosificar el material	Pérdida de material Pérdida de eficiencia No abastece la premezcla Abastece mal la premezcla	No abastecimiento del sistema Motores Elementos de máquinas Sistema de Control Calidad del material No desabastece los Silos
	Dosificar a un caudal inferior de 6 ton/h		
Conservar Material	No se conserva la masa El material se contamina	Pérdida de material Mal almacenamiento Mala dosificación	No abastecimiento del sistema Sistema de control Calidad del material No desabastecimiento de Molienda y Silos
Prevenir Contaminación	Contaminación Ambiental	Daños a operarios Daños a equipos	Derrame de material Caída de material Generación de polvo
Seguridad	Amenaza a la integridad de equipos y operarios	Daños a operarios Daños a equipos	Estructurales Movimientos bruscos de material Riesgo eléctrico Riesgo mecánico

Tabla 6.1. – Modos de Falla, Efectos y Causas del Modo de Falla

Evaluación de los Riesgos

En esta instancia se procede a evaluar la severidad de cada efecto, la ocurrencia de las causas y su capacidad de detección. Para ello se utiliza el siguiente criterio.

Cuadro de clasificación según Gravedad o Severidad de fallo

Criterio	Valor de S
Infima. El defecto sería imperceptible por el usuario	1
Escasa. El cliente puede notar un fallo menor, pero sólo provoca una ligera molestia	2-3
Baja. El cliente nota el fallo y le produce cierto enojo	4-5
Moderada. El fallo produce disgusto e insatisfacción el cliente	6-7
Elevada. El fallo es crítico, originando un alto grado de insatisfacción en el cliente	8-9
Muy elevada. El fallo implica problemas de seguridad o de no conformidad con los reglamentos en vigor	10

*Tabla 6.2. – Severidad del Fallo***Cuadro de clasificación según la Probabilidad de ocurrencia**

Criterio	Valor de O
Muy escasa probabilidad de ocurrencia. Defecto inexistente en el pasado	1
Escasa probabilidad de ocurrencia. Muy pocos fallos en circunstancias pasadas similares	2-3
Moderada probabilidad de ocurrencia. Defecto aparecido ocasionalmente	4-5
Frecuente probabilidad de ocurrencia. En circunstancias similares anteriores el fallo se ha presentado con cierta frecuencia	6-7
Elevada probabilidad de ocurrencia. El fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado	8-9
Muy elevada probabilidad de fallo. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	10

Tabla 6.3. – Probabilidad de Ocurrencia del Fallo

Cuadro de clasificación según la Probabilidad de no detección

Criterio	Valor de D
Muy escasa. El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Escasa. El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría raramente escapar a algún control primario, pero sería posteriormente detectado	2-3
Moderada. El defecto es una característica de bastante fácil detección	4-5
Frecuente. Defectos de difícil detección que con relativa frecuencia llegan al cliente	6-7
Elevada. El defecto es de naturaleza tal, que su detección es relativamente improbable mediante los procedimientos convencionales de control y ensayo	8-9
Muy elevada. El defecto con mucha probabilidad llegará al cliente, por ser muy difícil detectable	10

Tabla 6.4. – Probabilidad de No Detección

Es importante resaltar que estos mismos criterios serán utilizados en todos los AMFE, por lo cual no volverán a ser mostrados. De esta forma, se establece el siguiente cuadro:

Función	Potencial Modo de Falla	Potencial Consecuencia	Severidad	Potencial Causa / Mecanismo de Falla	Ocurrencia	Controles	Detección	NPR
Transportar	No transporta el material desde molienda a silos	Frena el proceso de Molienda (8) Pérdida de material (9) No abastece a los silos (8)	9	No Abastecimiento del sistema. (4) Motores (2) Elementos de máquina (4) Problemas con sistemas de control (3) Calidad del material (1) No desabastecimiento del sistema (4)	4	Cálculos de velocidades de transporte y estructurales. Parámetros detectados por sistemas de control. Mantenimiento.	8	288
Almacenar	No almacena el material	Perdida de material (9) No abastece a los tornillos dosificadores (8)	9	No Abastecimiento del sistema (4) Estado de las estructuras (2) Elementos de máquina (4) Problemas con sistemas de control (3) No desabastecimiento del sistema (4)	4	Cálculos estructurales. Parámetros detectados por sistemas de control. Mantenimiento. Calidad del material	7	252
Dosificar	No dosifica correctamente	Llena los silos y perdida de material (9) No abastece premezcla (8)	9	No Abastecimiento del sistema (4) Motores (2) Elementos de máquina (4)	4	Cálculos de velocidades de dosificación y estructurales. Parámetros detectados por	8	288

		Abastece mal la premezcla (9)		Problemas con sistemas de control (3) Calidad del material (1) No desabastecimiento del sistema (4)		sistemas de control. Mantenimiento.		
Conservar Material	Conservar masa Contaminación del material	Pérdida de material (9) Material mal almacenado (9) Material mal dosificado (9)	9	No Abastecimiento del sistema (4) Problemas con sistemas de control (3) Calidad del material (1) No desabastecimiento del sistema (4)	4	Parámetros detectados por sistemas de control. Mantenimiento.	6	216
Seguridad para el personal y las instalaciones	Integridad de los operarios Integridad de los equipos	Daños a operarios (10) Daños a los equipos (8)	10	Estructura (3) Movimiento de material (5) Riesgo eléctrico (5) Riesgo mecánico (5)	5	Cálculos estructurales. Parámetros detectados por sistemas de control. Mantenimiento. Calidad del material	5	250
Prevenir contaminación del ambiente	Contaminación del ambiente aledaño al sistema	Daños a operarios (10) Daños a los equipos (8)	10	Derrame de material (4) Caída de material (3) Generación de polvo (6)	6	Velocidad de transporte. Parámetros detectados por sistemas de	5	300

						control. Mantenimiento.		
--	--	--	--	--	--	----------------------------	--	--

Tabla 6.5. – AMFE Nuevo Proceso Productivo

Análisis mediante método de los 5 ¿Por qué?

El método de los 5 ¿Por qué? es una técnica que, a través de preguntas iterativas, permite estudiar las relaciones de causa y efecto de una falla o problema determinado con el fin de determinar cuál es la causa raíz del mismo.

Se aplicó este método para cada uno de los AMFES realizados. Para cada sistema, a partir de las causas potenciales y mecanismos de falla, se cuestionó el porqué de cada uno de ellos.

Esto nos permite profundizar el desarrollo del AMFE para poder determinar donde estarán las posibles causas raíz y así preparar los métodos de control necesarios para lograr prevenir estos modos de falla.

A continuación, se muestra un cuadro con el desarrollo de este análisis.

Función	Potencial Modo de Falla	Potencial Causa / Mecanismo de Falla	1er PORQUE	2do PORQUE	3er PORQUE	4to PORQUE	5to PORQUE	
MEJORA DE PROCESO								
Seguridad	Integridad de los operarios	Estructura (3)	Cede la estructura, deformación	Falla de cálculo en el dimensionamiento	-	-	-	
			Falta de procedimiento de montaje en el plano	Error del diseñador	-	-	-	
	Integridad de los equipos	Movimiento de material (5)	Error humano	-	-	-	-	
			Falla sistema de control	-	-	-	-	
			Riesgo eléctrico (5)	No se cumplió el cronograma de mantenimiento	Falta de seguimiento de cronograma	-	-	-
			Riesgo mecánico (5)	-	-	-	-	
	Prevenir contaminación	Contaminación del ambiente aledaño al sistema	Derrame de material (4)	Error humano	-	-	-	-
				Falla sistema de control	-	-	-	-
Caída de material (3)			Error humano	-	-	-	-	
			Falla sistema de control	-	-	-	-	

		Generación de polvo (6)	Configuración fuera de parámetro	Ausencia de restricción de modificación de programa	Falla no contemplada en el diseño	-	-
			Ventilador de extracción fuera de servicio	Saturación de filtro	No se cumplió el cronograma de mantenimiento	Falta de seguimiento de cronograma	-

Tabla 6.6. – 5 ¿Por qué?, Nuevo Proceso Productivo

Acciones

Por último, una vez evaluados todos los modos de falla, se procede a enumerar las consideraciones en el diseño que se deberán tener en función de los resultados arrojados por este AMFE.

- En primera instancia, se encuentran dos modos de falla que poseen severidad 10, lo cual indica que los mismos fueron estudiados por separado una vez llevados a cabo el resto de los AMFE. Cabe resaltar que ambos concuerdan con las exigencias detectadas a través de la factibilidad legal.
- En segundo lugar, se encuentra que el sistema de control resulta una constante dentro del cuadro, tanto como causa como forma de evitarlas. Esto implica que el diseño del mismo se debe centrar en establecer un sistema de control robusto, dejando de lado sustancialmente la precisión.
- En tercer lugar, también existen muchas causas relacionadas al diseño y montaje de los equipos. De esta manera, se debe procurar que la instalación resulte sencilla y con la mayor cantidad de componentes estándar posible. También deben efectuarse planes de validación una vez instalados los componentes.

Impacto Esperado de las Acciones

A continuación, se detalla de forma sintética cómo se espera reducir los NPR excedidos que se muestran en la Evaluación de Riesgos.

Modo de Falla	Acciones	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	NPR mejorado
No transporta el material	Diseño Sistema de Control. Diseño, Montaje y planes de Validación de equipos	9	42	6	288	108
No almacena le material	Diseño Sistema de Control. Diseño, Montaje y planes de Validación de equipos	9	42	5	252	90
No dosifica correctamente	Diseño Sistema de Control. Diseño, Montaje y planes de Validación de equipos	9	42	6	288	108
Conservar masa y no contaminar material	Diseño Sistema de Control. Diseño, Montaje y planes de Validación de equipos	9	42	4	216	72
Integridad de Operarios y Equipos	Diseño Sistema de Control. Diseño, Montaje y planes de Validación de equipos	10	3	3	250	90

Contaminación del Medio Ambiente	Diseño Sistema de Control. Diseño, Montaje y planes de Validación de equipos	10	€ 4	€ 3	300	120
----------------------------------	--	----	-----	-----	-----	-----

Tabla 6.7. – Impacto Esperado de las Acciones, Nuevo Proceso Productivo

Detalle de las Acciones para los Modos de Falla de Severidad 10

Entre las acciones nombradas anteriormente se destacan las tomadas para los modos de falla más graves (severidad 10). Las conclusiones a las que se llega en el AMFE del Nuevo Proceso Productivo son de carácter general, acciones de mayor especificidad se pueden ver en los siguientes AMFE de cada sistema. Aún así se detallan las acciones:

- *Diseño del Sistema de Control:* El diseño del Sistema de Control para el proceso entero se encuentra en el apartado de “Cálculo y Selección de Componentes”. Allí se consideran los parámetros que serán necesarios controlar en cada subsistema y cómo se realizará.
- *Diseño y Montaje:* Cada subsistema tiene su primera etapa de diseño en el apartado “Cálculo y Selección de Componentes” y se terminará al realizar la “Ingeniería de Detalle” del proyecto dónde también se incluye el montaje de los componentes involucrados.
- *Planes de Validación de equipos:* Para los equipos que resulte necesario se realizan los planes de validación que verifiquen su correcto funcionamiento. Dichos planes de Validación se encuentran explicados en el apartado “Planificación de Validación del Producto”

AMFE de la Cinta Transportadora

Elementos y Estructura del Sistema

En este AMFE se tendrán en cuenta los componentes de la cinta transportadora. Dentro de los mismos se encuentran: banda con recubrimiento de goma y alma textil, estaciones de rodillos, poleas, sistema de control, sistema antirretorno, encauzadores, alineadores, dispositivos de limpieza y motorreductor.

Funciones

En segundo lugar, se lleva a cabo la definición de cada una de las funciones relacionadas con el proceso productivo que posee la cinta. De esta manera, resulta importante señalar que el AMFE de este componente no será utilizado para evaluar los modos de falla del equipo de forma individual, ya que nuestro objetivo no es diseñarlo. Con esta aclaración, se encuentran las siguientes funciones.

- **Cargar:** la cinta transportadora debe ser capaz de recibir y contener la cantidad de material para la cual fue diseñada. Estas cantidades resultan:
 - Granulometría más gruesa: 6 ton/h.
 - Granulometrías restantes: 0,5 ton/h.

- Transportar: la cinta debe servir como método de unión entre el sector de molienda y el conjunto carro tripper/silos.
- Descargar: en conjunto con el carro, ambos deben descargar el material en su respectivo silo.

Modos de Falla, Efectos y Causas del Modo de Falla

Una vez definidas las funciones, se detallan los modos de falla, efectos y causas de cada una. Para ello se utiliza la siguiente tabla.

Funciones	Modos de Falla	Efectos del Modo de Falla	Causas del Modo de Falla
Cargar	Derrame de material en la carga de la cinta	Pérdida de material y reproceso	Velocidad de la cinta excesiva Caudal de carga del material inadecuado
		Desgaste irregular de los rodillos de amortiguación	
		Desgaste irregular de la cinta	
		Contaminación ambiental	
Transportar	Desgaste prematuro de la cinta	Corte de cinta y derrame de material	Tensión excesiva en la cinta
		Estiramiento de la cinta y pérdida de tensión	Material erosiona la cinta
		Aumento de los costos de mantenimiento	Velocidad irregular del motor
		Desgaste prematuro de otros componentes	Acumulación excesiva de suciedad en rodillos o tambores Desgaste de rodamientos
	Deslizamiento de la cinta	Derrame de material y reproceso	Pérdida de tracción por disminución de la fricción en la superficie de los rodillos
		Desgaste irregular en los componentes de la instalación	Falla en el motorreductor
	Falla en el sistema antirretorno	Derrame de material y reproceso	Carga excesiva de la cinta Sistema antirretorno trabado o dañado
		Daño grave a otros componentes de la instalación	
		Heridas a operarios si la cinta se encuentra cargada	
Descargar	Derrame en la carga de los silos	Contaminación ambiental	

		Pérdida de material y reproceso	Velocidad de la cinta inadecuada para la descarga
		Riesgo hacia los operarios	Sistema de aspiración dañado Tripper desalineado

Tabla 6.8. – Modos de Falla, Efectos y Causas del Modo de Falla Cinta Transportadora

Evaluación de los Riesgos

En esta instancia se procede a evaluar la severidad de cada efecto, la ocurrencia de las causas y su capacidad de detección. Para ello se utiliza el mismo criterio que en el AMFE anterior.

Función	Potencial Modo de Falla	Potencial Consecuencia	Severidad	Potencial Causa / Mecanismo de Falla	Ocurrencia	Control	Detección	NPR
Carga	Derrame de material en la carga de la cinta	Perdida de material	8	Velocidad de cinta excesiva	6	Control de velocidad por variador de frecuencia y PLC	5	240
		Desgaste irregular de los rodillos de amortiguación		Caudal de carga del material inadecuado	5	Control de salida de molinos / trituración	9	360
		Desgaste irregular de la cinta		Exceso de polvo en el aire				
Transporte	Desgaste prematuro de la cinta	Riesgo de que la cinta se corte y derrame de material	8	Tensión excesiva en la cinta	6	Procedimientos de control rutinarios	8	384
		Estiramiento de la cinta y pérdida de tensión		El material transportado erosiona la cinta	5	Inspección visual	7	280
		Aumento de los costos de mantenimiento		Velocidad irregular del motor	6	Certificado de calidad del motor y variador de frecuencia. Ensayos previos.	6	288
		Desgaste prematuro de otros componentes de la instalación		Acumulación excesiva de suciedad en la superficie contacto de los rodillos o tambores	6	Inspección visual	7	336
				Rodamientos de los rodillos desgastados, generando fricción excesiva	6	Procedimientos de control rutinarios	8	384

	Deslizamiento de la cinta	Derrame de material	7	Perdida de tracción por disminución de la fricción de la superficie de los rodillos	6	Inspección visual	8	336
		Desgaste irregular de los componentes de la instalación		Falla en el motorreductor	5	Certificado de calidad del motor. Ensayos previos.	6	210
	Falla en el sistema antirretorno	Derrame de material	10	Carga excesiva de la cinta	5	Control de salida de molinos / trituración	6	300
		Daño grave a otros componentes de la instalación						
		Si la cinta se encuentra cargada puede ocasionar heridas a los operarios		Sistema antirretorno trabado o dañado	3	Certificado de calidad Procedimientos de control	6	180
	Descarga	Derrame en la carga de los silos	Perdida de material	10	Velocidad de cinta inadecuada para la descarga	7	Control de velocidad por variador de frecuencia y PLC	5
Exceso de polvo en el aire			Sistema de aspiración dañado					
Exceso de polvo en el aire			Tripper desalineado		8	Sensor de posición del Tripper, Procedimiento de prueba antes de descarga	5	400
El material puede golpear a los operarios desde una altura peligrosa								

Tabla 6.9. – AMFE Cinta Transportadora

Análisis mediante método de los 5 ¿Por qué?

Se realiza el mismo análisis explicado en el apartado anterior.

A continuación, se muestra un cuadro con el desarrollo de este análisis.

Función	Potencial Modo de Falla	Potencial Causa / Mecanismo de Falla	1er PORQUE	2do PORQUE	3er PORQUE	4to PORQUE	5to PORQUE
CINTA TRANSPORTADORA							
Transporte	Falla en el sistema antirretorno	Carga excesiva de la cinta	Caudal excesivo de salida de molienda	Desconfiguración de sistema de control molienda	Sistema de lazo abierto	-	-
		Sistema antirretorno trabado o dañado	Daño prematuro de la cinta (antirretorno)	Material transportado no apto para la cinta	Material no contemplado en el diseño	-	-
Descarga	Derrame en la carga de los silos	Velocidad de cinta inadecuada para la descarga	Configuración fuera de parámetro	Ausencia de restricción de modificación de programa	Falla no contemplada en el diseño	-	-
		Sistema de aspiración dañado	Ventilador de extracción fuera de servicio	Saturación de filtro	No se cumplió el cronograma de mantenimiento	Falta de seguimiento de cronograma	-
		Tripper desalineado	Deformación de la estructura soporte	Falla de cálculo en el dimensionamiento	-	-	-

Tabla 6.10. – 5 ¿Por qué?, Cinta Transportadora

Acciones

Por último, una vez evaluados todos los modos de falla, se procede a enumerar las consideraciones que se deberán tener en cuenta, en función de los resultados arrojados por este AMFE, a la hora de seleccionar e instalar el componente y sus dependientes.

- En primera instancia, se encuentran dos modos de falla que poseen severidad 10, lo cual indica que los mismos fueron estudiados por separado una vez llevados a cabo el resto de los AMFE. Cabe resaltar que ambos concuerdan con las exigencias detectadas a través de la factibilidad legal.
- El sistema de control y un plan de mantenimiento adecuado resultan esenciales dentro de este proceso para evitar los modos de falla.
- Se debe respaldar la selección del material de la cinta mediante normas y luego validaciones experimentales, ya que lo abrasivo de nuestro material puede afectar considerablemente la vida útil de la cinta.

Impacto Esperado de las Acciones

Modos de Falla	Acciones	Severidad	Ocurrencia		Detección		NPR	NPR mejorado
Derrame de material en la carga de la cinta	Instalación de encausador en zona de carga	8	5	2	9	9	360	144
	Establecer rutina diaria de inspección visual estado de rodillos en planes de mantenimiento							
Desgaste prematuro de la cinta	Instalación de rascadores para limpiar la cinta	8	6	3	8	4	384	96
	Establecer rutina diaria de inspección visual de tensión y estado general de la cinta en planes de mantenimiento							
	Selección de material de cinta según recomendaciones del fabricante							
Deslizamiento de la cinta	Instalación tambor motriz con recubrimiento antideslizante	7	6	3	8	5	336	105
	Establecer plan de mantenimiento preventivo del reductor							

Falla en el sistema antirretorno	Instalación de frenos a disco	10	5	2	8	6	300	120
	Establecer rutina de mantenimiento y prueba de sistema con frecuencia semanal							
Derrame en la carga de los silos	Establecer rutina de mantenimiento y prueba de alineación con frecuencia semanal	10	8	4	5	4	400	160
	Establecer parámetros de velocidad en la lógica de programación de la cinta							

Tabla 6.11. – Impacto Esperado de las Acciones, Cinta Transportadora

Detalle de las Acciones para los Modos de Falla de Severidad 10

Entre las acciones nombradas anteriormente se destacan las tomadas para los modos de falla más graves (severidad 10).

- *Instalación de frenos a disco:* El diseño de la cinta transportadora para el proceso se encuentra en el apartado de “Cálculo y Selección de Componentes: Cinta transportadora”. Si bien el desarrollo y construcción del sistema de cinta transportadora será tercerizado, en el pliego técnico que se entrega a proveedor y en el desarrollo de planos correspondiente a este sistema de transporte se especificará la implementación de un sistema de freno.
- *Establecer rutina de mantenimiento:* Se incluye en el TPM el mantenimiento y prueba de sistema antirretorno y alineación.
- *Establecer parámetros de velocidad:* El diseño del sistema de control para el proceso se encuentra en el apartado de “Cálculo y Selección de Componentes: Sist. De control”. Si bien el desarrollo y construcción del sistema de control será tercerizado, en el pliego técnico que se entrega a proveedor se especificará la necesidad de que el sistema de control cuente con la capacidad de variación de velocidad del sistema.
- *Diseño según norma:* El diseño de la cinta transportadora para el proceso se encuentra en el apartado de “Cálculo y Selección de Componentes: Cinta transportadora”. Se aplican las normas (DIN 22101:2011-12. ; DIN 22102-1:2014-01 ; DIN 22107-1:2014-08)

AMFE del Carro Tripper

Elementos y Estructura del Sistema

En este AMFE se tendrán en cuenta los componentes del carro tripper. Esto incluye a: Tolva de descarga, motorreductor, estructura, guías, sistema móvil, estaciones de rodillos, poleas, sistema de control.

Funciones

En segundo lugar, se lleva a cabo la definición de cada una de las funciones relacionadas con el proceso productivo que posee el carro tripper. De esta manera, resulta importante señalar que el AMFE de este componente no será utilizado para evaluar los modos de falla del equipo de forma individual, ya que nuestro objetivo no es diseñarlo. Con esta aclaración, se encuentran las siguientes funciones.

- Transportar: el carro tripper debe ser capaz de unir la cinta transportadora con los silos que almacenan el material. Esto implica que debe mover las siguientes cantidades de materiales:
 - Granulometría más gruesa: 6 ton/h.
 - Granulometrías restantes: 0,5 ton/h.
- Respaldar la integridad de los operarios y los equipos: el carro no debe representar una amenaza para la seguridad de los operarios como así tampoco hacia el proceso productivo.
- Prevenir contaminación ambiental: tal como se detalló en la factibilidad legal, el material no debe estar presente como polvo en suspensión en el ambiente.

Modos de Falla, Efectos y Causas del Modo de Falla

Una vez definidas las funciones, se detallan los modos de falla, efectos y causas de cada una. Para ello se utiliza la siguiente tabla.

Funciones	Modos de Falla	Efectos del Modo de Falla	Causas del Modo de Falla
Transportar	Descarga de material en silo incorrecto	Desabastecimiento de línea	Falla en el sistema de control o sensores de posición.
		Contaminación del producto y reproceso	
		Parada de línea	
	Descarga de material fuera de los silos	Desabastecimiento de línea	Falla en el sistema de control o sensores de posición.
		Contaminación ambiental	
		Daños al personal	
		Parada de línea y reproceso	
	Atascamiento del sistema móvil	Desabastecimiento de línea	Incorrecta selección (elección de materiales no aptos)
		Parada de línea	
Desabastecimiento de línea		Daño en rodamientos por falta de limpieza	
Parada de línea			
Seguridad	Colapso del tripper	Pérdida completa/parcial del material y reproceso	Rotura de soporte
		Parada de línea	
		Daños materiales	
		Daños al personal	

		Pérdida completa/parcial del material y reproceso	Falla en el ensamble de los componentes
		Parada de línea	
		Daños materiales	
		Daños al personal	
Prevenir Contaminación	Fuga del material	Contaminación ambiental	Falla en los sellos
		Daño a otros equipos	
		Contaminación ambiental	Falla en el ensamble de los componentes
		Daño a otros equipos	

Tabla 6.12. – Modos de Falla, Efectos y Causas del Modo de Falla Carro Tripper

Evaluación de los Riesgos

En esta instancia se procede a evaluar la severidad de cada efecto, la ocurrencia de las causas y su capacidad de detección. Para ello se utiliza el mismo criterio que en los AMFE anteriores.

Función	Potencial Modo de Falla	Potencial Consecuencia	Severidad	Potencial Causa / Mecanismo de Falla	Ocurrencia	Control	Detección	NPR
Transportar	Vaciado de tripper en silo incorrecto	Desabastecimiento de línea/procesos siguientes	7	Falla del controlador	4	Verificación por software de programación del controlador; Implementación de sistemas Poka Yoke y enclavamientos mecánicos-electrónicos.	10	280
		Contaminación de producto						
		Parada de línea						
	Vaciado de tripper fuera de los silos	Desabastecimiento de línea/procesos siguientes	10	Falla del controlador	4	Verificación por software de programación del controlador; Implementación de sistemas Poka Yoke y enclavamientos mecánicos-electrónicos.	10	400
		Contaminación ambiental						
		Daños al personal						
		Parada de línea						
	Atascamiento del sistema móvil del tripper	Desabastecimiento de línea/procesos siguientes	6	Incorrecto diseño (elección de materiales no aptos)	4	Verificación de componentes aptos para industrias con materiales abrasivos.	7	168
		Parada de línea						
Desabastecimiento de línea/procesos siguientes		6	Daño en rodamientos por falta de limpieza	7	Implementación de sistemas autolimpiantes, blindados.	3	126	
Parada de línea								

Seguridad para el personal y las instalaciones	Colapso del tripper	Pérdida completa/parcial del producto	10	Rotura de soporte	4	Verificación de cálculos con teorías matemáticas, modos de falla y simulación por elementos finitos.	8	320	
		Parada de línea							
		Daños materiales							
		Daños al personal							
		Fuga material de del tripper	Pérdida completa/parcial del producto	10	Falla en el armado	7	Establecer procedimientos de ensamble y control.	5	350
			Parada de línea						
			Daños materiales						
			Daños al personal						
Prevenir contaminación del ambiente	Fuga material de del tripper	Contaminación del ambiente	7	Falla en los sellos	4	Certificado de calidad de materiales utilizados en sellos.	7	196	
		Daños a otros equipos							
		Fuga material de del tripper	Contaminación del ambiente	7	Falla en el armado	7	Establecer procedimientos de ensamble y control.	5	245
			Daños a otros equipos						

Tabla 6.13. – AMFE Carro Tripper

Análisis mediante método de los 5 ¿Por qué?

Se realiza el mismo análisis explicado en el apartado anterior.

A continuación, se muestra un cuadro con el desarrollo de este análisis.

Función	Potencial Modo de Falla	Potencial Causa Mecanismo de Falla /	1er PORQUE	2do PORQUE	3er PORQUE	4to PORQUE	5to PORQUE
TRIPPER							
Transportar	Vaciado de tripper fuera de los silos	Falla del controlador	Desconfiguración sistema de control molienda	Sistema de lazo abierto	No se contempló en el diseño	-	-
Seguridad	Colapso del tripper	Rotura de soporte	Cede la estructura, deformación	Falla de cálculo en el dimensionamiento	-	-	-
		Falla en el armado	Falta de procedimiento de montaje en el plano	Error del diseñador	-	-	-

Tabla 6.14. – 5 ¿Por qué?, Carro Tripper

Acciones

Por último, lugar, y una vez evaluados todos los modos de falla, se procede a enumerar las consideraciones que se deberán tener en cuenta, en función de los resultados arrojados por este AMFE, a la hora de seleccionar e instalar el componente y sus dependientes.

- En primera instancia, se encuentran varios modos de falla que poseen severidad 10, lo cual indica que los mismos fueron estudiados por separado una vez llevados a cabo el resto de los AMFE. Cabe resaltar que esto concuerda con las exigencias detectadas a través de la factibilidad legal.
- El sistema de control resulta un actor clave dentro de las causas de los modos de falla. De esta manera, y en concordancia con los AMFE anteriores, se debe apuntar a diseñar un sistema de control robusto.
- El resto de las causas se deben, en líneas generales, al ensamble e instalación del componente. Aquí vuelve a resultar relevante el concepto de tener una instalación sencilla y con la mayor cantidad de componentes estándar. También se deben llevar a cabo pruebas de validación antes de poner al carro en funcionamiento.

Impacto Esperado de las Acciones

A continuación, se detalla de forma sintética cómo se espera reducir los NPR excedidos que se muestran en la Evaluación de Riesgos.

Modo de Falla	Acciones	Severidad	Ocurrencia		Detección		NPR	NPR mejorado
Vaciado de tripper en silo incorrecto	Diseño sistema de control. Plan de validación de compatibilidad.	7	4	2	10	7	280	98
Vaciado de tripper en silo incorrecto	Diseño sistema de control. Plan de validación de compatibilidad.	10	4	2	10	7	400	140
Atascamiento del sistema. móvil del tripper	Plan de validación de compatibilidad.	6	4	2	7	5	168	60
Atascamiento del sistema. móvil del tripper	Plan de validación de compatibilidad.	6	7	5	3	1	126	30
Colapso del tripper	Selección y Dimensionamiento según Norma. Plan de	10	4	2	8	6	320	120

	validación de compatibilidad.							
Colapso del tripper	Selección y Dimensionamiento según Norma. Plan de validación de compatibilidad.	10	7	4	5	3	350	120
Fuga de material del tripper	Selección y Dimensionamiento según Norma. Plan de validación de compatibilidad.	7	4	2	7	5	196	70
Fuga de material del tripper	Selección y Dimensionamiento según Norma. Plan de validación de compatibilidad.	7	7	5	5	3	245	105

Tabla 6.15. – Impacto Esperado de las Acciones, Carro Tripper

Detalle de las Acciones para los Modos de Falla de Severidad 10

Entre las acciones nombradas anteriormente se destacan las tomadas para los modos de falla más graves (severidad 10).

- *Diseño según norma:* El diseño del tripper para el proceso se encuentra en el apartado de “Cálculo y Selección de Componentes: Cinta transportadora y tripper”. Se aplican las normas (DIN 22101:2011-12. ; DIN 22102-1:2014-01 ; DIN 22107-1:2014-08)

AMFE de los Silos

Elementos y Estructura del Sistema

En este AMFE se tendrán en cuenta los componentes de cada silo. En este sentido, se encuentran los siguientes:

- Estructura.
- Elementos de Unión Mecánicos.
- Ensamble

Funciones

Se lleva a cabo una descripción de las funciones más importantes que cada silo debe ser capaz de hacer.

- Almacenar: cada silo debe ser capaz de almacenar 2 toneladas de material, de esta manera garantizamos un 100% de stock de seguridad ante inconvenientes que puedan surgir en el sector de molienda.

- Conservar el material: ningún silo debe afectar en detrimento la calidad del producto, lo cual implica que el material no puede ser contaminado ni tampoco mezclado entre sí (con el objetivo de evitar reprocesos). A su vez, y en concordancia, los silos deben ser estancos.
- Prevenir contaminación ambiental: tal como se detalló en la factibilidad legal, el material no debe estar presente como polvo en suspensión en el ambiente.
- Respaldar la integridad de los operarios y los equipos: los silos no deben representar una amenaza para la seguridad de los operarios como así tampoco hacia el proceso productivo.

Modos de Falla, Efectos y Causas del Modo de Falla

Una vez definidas las funciones, se detallan los modos de falla, efectos y causas de cada una. Para ello se utiliza la siguiente tabla.

Funciones	Modos de Falla	Efectos del Modo de Falla	Causas del Modo de Falla
Almacenar	Volumen insuficiente	Desabastecimiento de línea y procesos siguientes	Rotura de soporte
		Para de línea y reproceso del material	
Conservar Material	Geometría ineficiente	Apelmazamiento del material	Rotura de soporte
	Contaminación del material	Disminución en la calidad del producto final o reproceso	Falla de Sellos
Seguridad	Colapso del silo	Pérdida completa/parcial del producto o reproceso	Rotura de soporte
		Parada de línea	
		Daños materiales	
		Daños al personal	
		Pérdida completa/parcial del producto o reproceso	Falla en el ensamble
		Parada de línea	
		Daños materiales	
		Daños al personal	
Prevenir Contaminación Ambiental	Fuga de producto del silo	Contaminación ambiental	Falla en los sellos
		Daño a otros equipos	Falla en el ensamble
		Contaminación ambiental	
		Daño a otros equipos	

Tabla 6.16. – Modos de Falla, Efectos y Causas del Modo de Falla Silos

Evaluación de los Riesgos

En esta instancia se procede a evaluar la severidad de cada efecto, la ocurrencia de las causas y su capacidad de detección. Para ello se utiliza el mismo criterio que en los AMFE anteriores.

Función	Potencial Modo de Falla	Potencial Consecuencia	Severidad	Potencial Causa / Mecanismo de Falla	Ocurrencia	Control	Detección	NPR
Almacenar	Volumen insuficiente	Desabastecimiento de línea/procesos siguientes	6	Rotura de soporte	4	Verificación de cálculos con teorías matemáticas, modos de falla y simulación por elementos finitos.	8	192
		Parada de línea						
Conservar Material	Geometría ineficiente	Apelmazamiento de material	4	Rotura de soporte	4	Verificación de cálculos con teorías matemáticas, modos de falla y simulación por elementos finitos.	8	128
	Contaminación del material	Baja calidad del producto final	7	Falla de sellos	5	Certificado de calidad de materiales utilizados en sellos.	7	245
Seguridad para el personal y las instalaciones	Colapso del silo	Pérdida completa/parcial del producto	10	Rotura de soporte	4	Verificación de cálculos con teorías matemáticas, modos de falla y simulación por elementos finitos.	8	320
		Parada de línea						
		Daños materiales						
		Daños al personal	10	Falla en el armado	7	Establecer procedimientos de ensamble y control.	4	280
		Pérdida completa/parcial del producto						
		Parada de línea						
Daños materiales								
Daños al personal								
		Contaminación del ambiente	8	Falla en los sellos	5		8	320

Prevenir contaminación del ambiente	Fuga de producto del silo	Daños a otros equipos				Certificado de calidad de materiales utilizados en sellos.		
		Contaminación del ambiente	8	Falla en el armado	7	Establecer procedimientos de ensamble y control.	4	224
		Daños a otros equipos						

Tabla 6.17. – AMFE Silos

Análisis mediante método de los 5 ¿Por qué?

Se realiza el mismo análisis explicado en el apartado anterior.

A continuación, se muestra un cuadro con el desarrollo de este análisis.

Función	Potencial Modo de Falla	Potencial Causa / Mecanismo de Falla	1er PORQUE	2do PORQUE	3er PORQUE	4to PORQUE	5to PORQUE
SILO							
Seguridad	Colapso del silo	Rotura de soporte	Cede estructura, deformación	la Falla de cálculo en el dimensionamiento	-	-	-
		Falla en el armado	Falta de procedimiento de montaje en el plano	Error del diseñador	-	-	-

Tabla 6.18. – 5 ¿Por qué?, Silo

Acciones

Por último lugar, y una vez evaluados todos los modos de falla, se procede a enumerar las consideraciones que se deberán tener en cuenta, en función de los resultados arrojados por este AMFE, a la hora de seleccionar e instalar el componente y sus dependientes.

- En primera instancia, se encuentran un modo de falla que posee severidad 10, lo cual indica que fue estudiado por separado una vez llevados a cabo el resto de los AMFE. Cabe resaltar que también concuerda con las exigencias detectadas a través de la factibilidad legal.
- Se debe prestar especial atención en el cálculo y diseño de los componentes, como así también en su posterior ensamble. De esta manera, los cálculos estructurales serán hechos a mano y luego verificados mediante software.

Impacto Esperado de las Acciones

A continuación, se detalla de forma sintética cómo se espera reducir los NPR excedidos que se muestran en la Evaluación de Riesgos.

Modo de Falla	Acciones	Severidad	Ocurrencia		Detección		NPR	NPR mejorado
Volumen insuficiente	Selección y Dimensionamiento según Norma.	6	4	2	8	6	192	72
Contaminación del material	Selección y Dimensionamiento según Norma. Plan de validación de compatibilidad.	7	5	3	7	5	245	105
Colapso del silo	Selección y Dimensionamiento según Norma. Plan de validación de compatibilidad.	10	4	2	8	6	320	120
Colapso del silo	Selección y Dimensionamiento según Norma. Plan de validación de compatibilidad.	10	7	5	4	2	280	100
Fuga de producto del silo	Selección y Dimensionamiento según Norma. Plan de validación de compatibilidad.	8	5	3	8	6	320	144
Fuga de producto del silo	Selección y Dimensionamiento según Norma.	8	7	5	4	2	224	80

	Plan de validación de compatibilidad.					
--	---------------------------------------	--	--	--	--	--

Tabla 6.19. – Impacto Esperado de las Acciones, Silo

Detalle de las Acciones para los Modos de Falla de Severidad 10

Entre las acciones nombradas anteriormente se destacan las tomadas para los modos de falla más graves (severidad 10).

- *Dimensionamiento según norma:* El diseño del silo para el proceso se encuentra en el apartado de “Cálculo y Selección de Componentes: Silo”. Se aplican las normas de Instituto técnico de la estructura en acero, en su tomo n° 19, y el Eurocódigo UNE-EN 1991-1-2:2019.

AMFE de los Tornillos Dosificadores

Elementos y Estructura del Sistema

En este AMFE se tendrán en cuenta los componentes de cada tornillo. En este sentido, se encuentran los siguientes.

- Motor eléctrico.
- Reducción.
- Estructura del tornillo:
 - Hélice.
 - Árbol.
 - Canal de transporte.
 - Cubiertas.
 - Elementos de unión mecánicos
- Ensamble

Funciones

En segundo lugar, se lleva a cabo la definición de cada una de las funciones relacionadas con el proceso productivo que posee cada tornillo. De esta manera, resulta importante señalar que el AMFE de este componente no será utilizado para evaluar los modos de falla del equipo de forma individual, ya que nuestro objetivo no es diseñarlo. Con esta aclaración, se encuentran las siguientes funciones.

- Transportar: los tornillos deben ser capaces de transportar (dosificar) 6000 kg/h de cada granulometría.
- Prevenir contaminación ambiental: el material no debe estar presente como polvo en suspensión en el ambiente. Por ello, el tornillo debe ser estanco y no permitir que el material entre en contacto con el ambiente.
- Respalda la integridad de los operarios y los equipos: los tornillos no deben representar una amenaza para la seguridad de los operarios como así tampoco hacia el proceso productivo.

Modos de Falla, Efectos y Causas del Modo de Falla

Una vez definidas las funciones, se detallan los modos de falla, efectos y causas de cada una. Para ello se utiliza la siguiente tabla.

Funciones	Modos de Falla	Efectos del Modo de Falla	Causas del Modo de Falla
Transportar	Caudal insuficiente	Desabastecimiento de línea y procesos siguientes	Incorrecto diseño/selección de componentes
		Para de línea	
		Desabastecimiento de línea y procesos siguientes	Falla del controlador/sistema de control
		Para de línea	
		Desabastecimiento de línea y procesos siguientes	Falla del motor
		Para de línea	
	Desabastecimiento de línea y procesos siguientes	Atasque de material	
	Para de línea		
	Caudal excesivo	Desgaste prematuro del tornillo debido a altas velocidades de giro	Falla del controlador
		Parada de línea y reproceso de material excedente	
Desgaste prematuro del tornillo debido a altas velocidades de giro		Incorrecto diseño/selección de componentes	
Parada de línea y reproceso de material excedente			
Seguridad	Colapso del tornillo	Pérdida completa/parcial del producto o reproceso	Rotura del acople elástico
		Parada de línea	
		Daños materiales	
		Daños al personal	
		Pérdida completa/parcial del producto o reproceso	Falla en el ensamble
		Parada de línea	

		Daños materiales	
		Daños al personal	
Prevenir Contaminación Ambiental	Fuga de producto del tornillo	Contaminación ambiental	Falla en los sellos
		Daño a otros equipos	
		Contaminación ambiental	Falla en el ensamble
		Daño a otros equipos	

Tabla 6.20. – Modos de Falla, Efectos y Causas del Modo de Falla Tornillos Dosificadores

Evaluación de los Riesgos

En esta instancia se procede a evaluar la severidad de cada efecto, la ocurrencia de las causas y su capacidad de detección. Para ello se utiliza el mismo criterio que en los AMFE anteriores.

Función	Potencial Modo de Falla	Potencial Consecuencia	Severidad	Potencial Causa / Mecanismo de Falla	Ocurrencia	Control	Detección	NPR
Transportar	Caudal insuficiente	Desabastecimiento de línea/procesos siguientes	6	Incorrecto diseño	4	Verificación de cálculos con teorías matemáticas, modos de falla y simulación por elementos finitos.	8	192
		Parada de línea						
		Desabastecimiento de línea/procesos siguientes	6	Falla del controlador	3	Verificación por software de programación del controlador	7	126
		Parada de línea						
	Desabastecimiento de línea/procesos siguientes	6	Falla del motor	2	Certificado de calidad del motor. Ensayos previos.	5	60	
	Parada de línea							
	Desabastecimiento de línea/procesos siguientes	6	Atasque Material	5	Verificación de compatibilidad entre material y tornillos vía Norma	8	240	
	Parada de línea							
	Caudal excesivo	Desgaste prematuro del tornillo	6	Falla del controlador	3	Verificación por software de programación del controlador	7	126
		Parada de línea						
Desgaste prematuro del tornillo		6	Incorrecto diseño	2	Verificación de cálculos con teorías matemáticas, modos de falla y simulación por elementos finitos.	8	96	
Parada de línea								

Seguridad para el personal y las instalaciones	Colapso del tornillo	Pérdida completa/parcial del producto	10	Rotura del acople elástico	4	Verificación de cálculos con teorías matemáticas, modos de falla y simulación por elementos finitos.	8	320	
		Parada de línea							
		Daños materiales							
		Daños al personal							
		Fuga de producto del tornillo	Pérdida completa/parcial del producto	10	Falla en el armado	7	Establecer procedimientos de ensamble y control.	5	350
			Parada de línea						
			Daños materiales						
			Daños al personal						
Prevenir contaminación del ambiente	Fuga de producto del tornillo	Contaminación del ambiente	7	Falla en los sellos	4	Certificado de calidad de materiales utilizados en sellos.	7	196	
		Daños a otros equipos							
		Fuga de producto del tornillo	Contaminación del ambiente	7	Falla en el armado	7	Establecer procedimientos de ensamble y control.	5	245
			Daños a otros equipos						

Tabla 6.21. – AMFE Tornillos Dosificadores

Análisis mediante método de los 5 ¿Por qué?

Se realiza el mismo análisis explicado en el apartado anterior.

A continuación, se muestra un cuadro con el desarrollo de este análisis.

Función	Potencial Modo de Falla	Potencial Causa Mecanismo de Falla /	1er PORQUE	2do PORQUE	3er PORQUE	4to PORQUE	5to PORQUE
TORNILLO							
Seguridad	Colapso del tornillo	Rotura del acople elástico	La altura no es la preestablecida para el acople elástico	Cede la estructura, deformación	Falla de cálculo en el dimensionamiento	-	-
		Falla en el armado	Falta de procedimiento de montaje en el plano	Error del diseñador	-	-	-

Tabla 6.22. – 5 ¿Por qué?, Tornillos Dosificadores

Acciones

Por último, una vez evaluados todos los modos de falla, se procede a enumerar las consideraciones que se deberán tener en cuenta, en función de los resultados arrojados por este AMFE, a la hora de seleccionar e instalar el componente y sus dependientes.

- Se encuentra un modo de falla cuya severidad es 10. De esta forma, y en concordancia con lo anterior, se debió estudiar al mismo por separado para obtener mayor información y consideraciones a tener en cuenta.
- La selección del tornillo debe llevarse a cabo mediante alguna norma que permita validar, en primera instancia, que el material puede transportarse a través de ellos.
- Se deben seleccionar la mayor cantidad de componentes estándar posible, con el objetivo de facilitar la compra de repuestos y su ensamble.
- Se debe respetar la velocidad máxima admisible de giro, ya que si no se incurre en el desgaste prematuro de los componentes.
- Finalmente se deberán llevar a cabo planes de validación que verifiquen la compatibilidad entre los tornillos y el material, como así también su capacidad de dosificación másica.

Impacto Esperado de las Acciones

A continuación, se detalla de forma sintética cómo se espera reducir los NPR excedidos que se muestran en la Evaluación de Riesgos.

Modo de Falla	Acciones	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	NPR mejorado
Colapso del Tornillo	Selección y Dimensionamiento según Norma en función de velocidad máxima admisible. Limitación de velocidad máxima. Plan de validación de compatibilidad.	10	4 2	8 5	320	100
Colapso del Tornillo	Selección y Dimensionamiento según Norma en función de velocidad máxima admisible. Utilización de componentes estándar.	10	7 5	5 5	350	250

Fuga de Producto del Tornillo	Selección y Dimensionamiento según Norma. Cerramiento Superior del Tornillo Plan de validación de compatibilidad.	7	4 2	7 5	196	70
Fuga de Producto del Tornillo	Selección y Dimensionamiento según Norma. Cerramiento Superior del Tornillo Utilización de componentes estándar.	7	7 5	5 5	245	175
Caudal Insuficiente	Selección y Dimensionamiento según Norma. Utilización de componentes estándar. Plan de validación de compatibilidad.	6	4 2	8 5	192	60
Caudal Insuficiente	Selección y Dimensionamiento según Norma. Plan de validación de compatibilidad.	6	5 2	8 8	240	96

Tabla 6.23. – Impacto Esperado de las Acciones, Tornillos Dosificadores

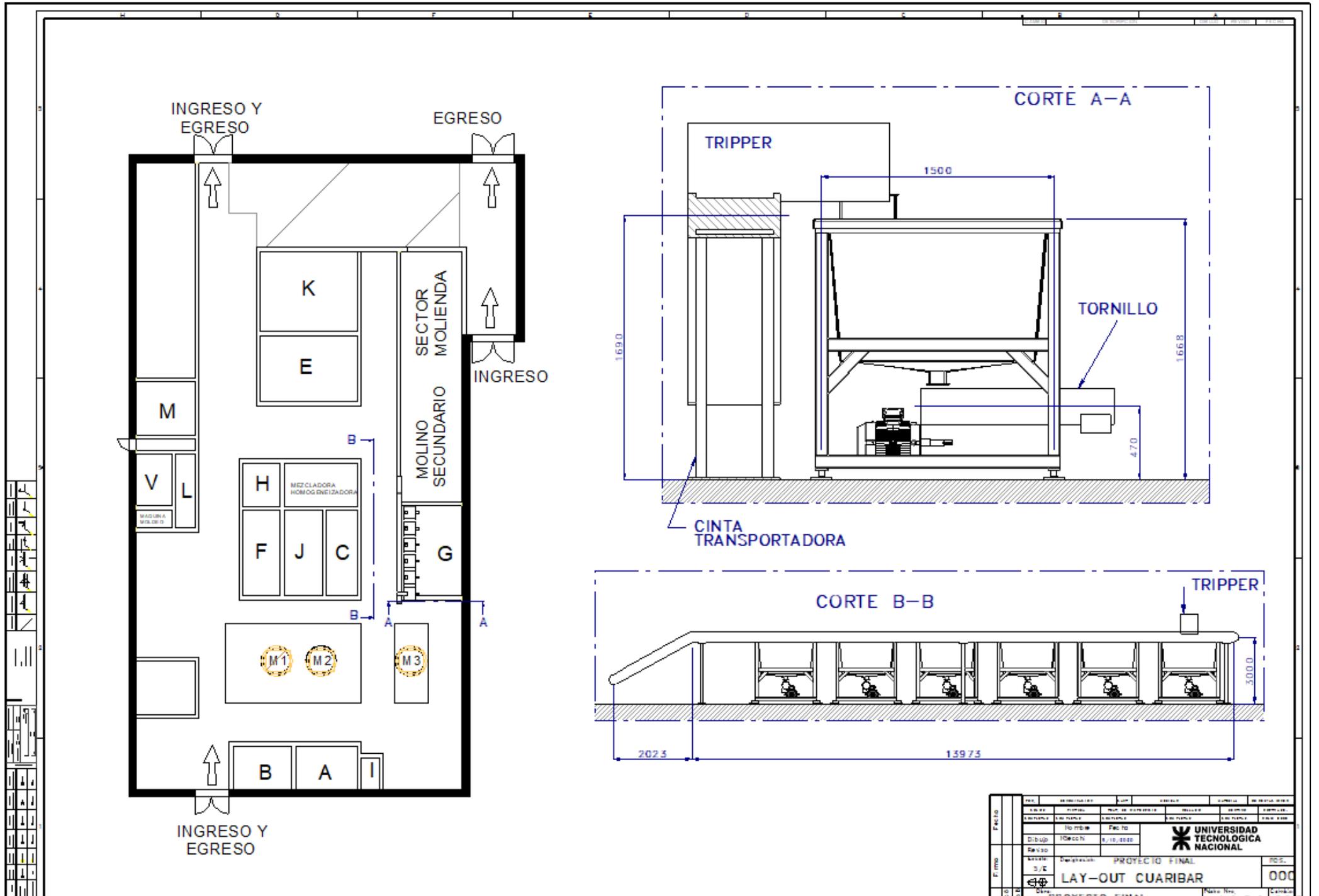
Detalle de las Acciones para los Modos de Falla de Severidad 10

Entre las acciones nombradas anteriormente se destacan las tomadas para los modos de falla más graves (severidad 10). De esta manera, nos encontramos que las siguientes deben ser analizadas de forma particular:

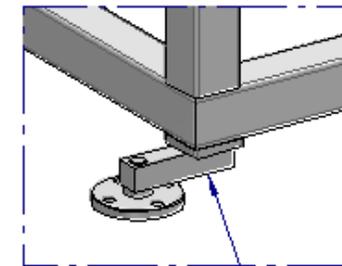
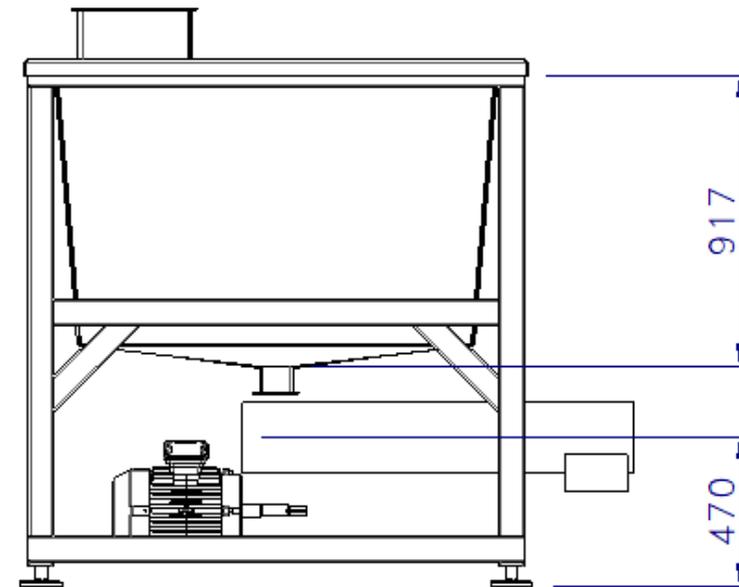
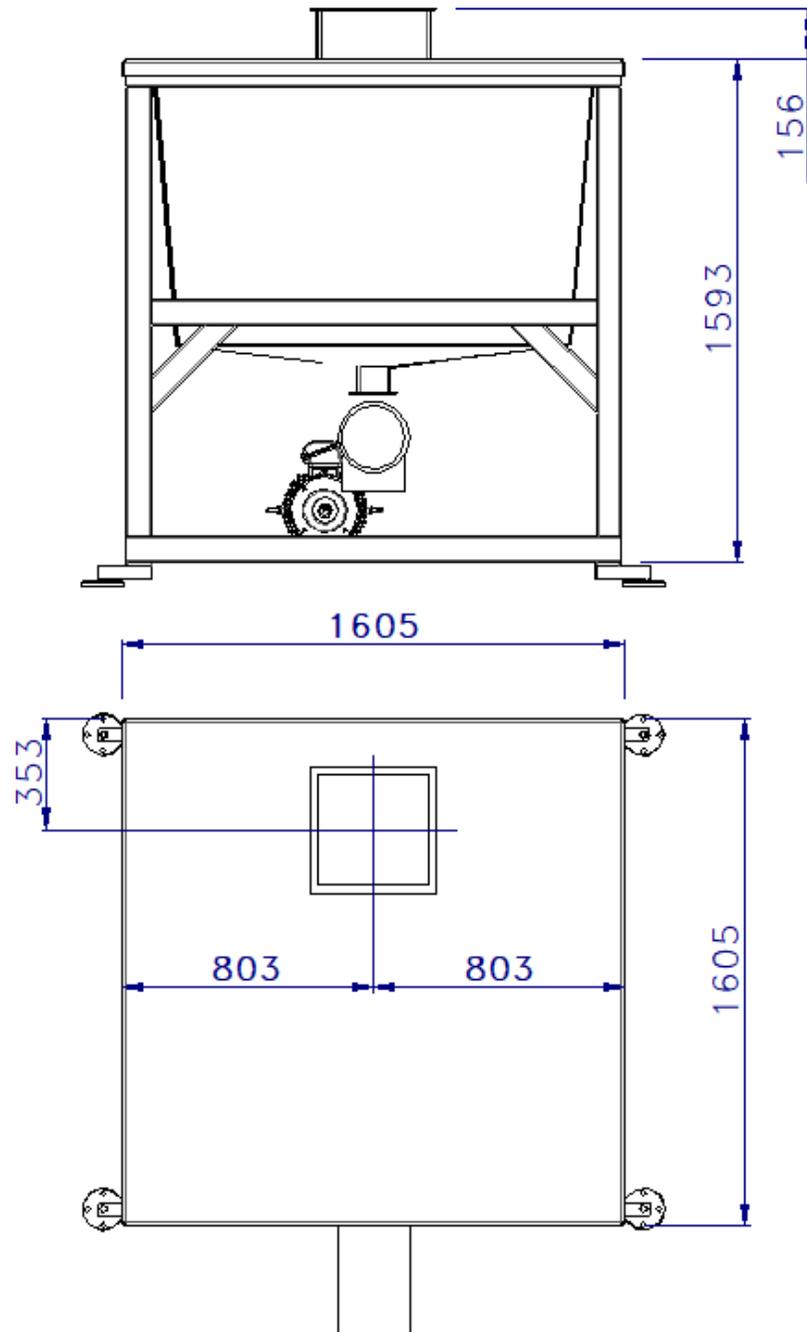
- *Selección y dimensionamiento según Norma* en función de velocidad máxima admisible: en el apartado “Tornillos Dosificadores”, dentro de “Cálculo y selección de componentes” se lleva a cabo la selección y dimensionamiento de los tornillos utilizando la Norma ANSI-CEMA-350. En la misma se detalla la importancia de cumplir con la velocidad máxima de giro de cada tornillo.
- *Establecer parámetros de velocidad*: El diseño del sistema de control para el proceso se encuentra en el apartado de “Cálculo y Selección de Componentes: Sist. De control”. Si bien el desarrollo y construcción del sistema de control será tercerizado, en el pliego técnico que se entrega a proveedor se especificará la necesidad de que el sistema de control cuente con la capacidad de variación de velocidad del sistema.
- *Plan de validación de compatibilidad*: paralelamente a la validación de la capacidad y precisión de dosificación másica de los tornillos, en el apartado “Planes de Validación” se explicará el criterio de validación de compatibilidad de los tornillos y el material de transporte

- *Utilización de componentes estándar:* además del dimensionamiento a través de la Norma anteriormente nombrada, se buscará que los siguientes componentes también sean estándar:
 - Reductores.
 - Acoples.
 - Contenedores de material, en concordancia con la Norma en cuestión.

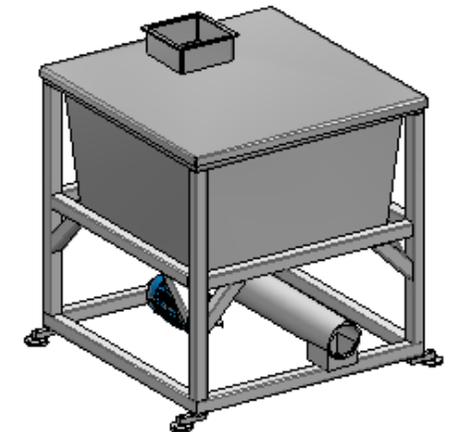
Plano de Conjunto



FECHA	REVISIÓN	AUT.	REVISÓ	ELABORÓ	REVISÓ
10/10/2020					
Dibujó	Revisó	Fecha	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL		
		10/10/2020	PROYECTO FINAL		
LAY-OUT CUARIBAR			000		



CELDA DE CARGA



POS.	DENOMINACION	CANT.	MEDIDAS	MATERIAL	OBSERVACIONES	
					DESGRA	REPARACIONES
	COLOR:	NATURA	TRAT. DE SUPERFICIE	RELLADO	DESGRA	REPARACIONES
	COMPLETAL	COMPLETAL	COMPLETAL	COMPLETAL	COMPLETAL	REGLD. EDOS
	Nombre:	Fecha:	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL			
	Dibujo:	NSeco hi				
	Se vio:					
	Escala:	Designación:	PROYECTO FINAL			POS.
	S/E	SILO				001
	Obra:	PROYECTO FINAL			Plano No:	1000.001
	Fabricó:				Combo:	

VII. Cálculo y Selección de Componentes

Material a Transportar

En este breve apartado se comentarán las propiedades físicas de la materia prima como así también se enunciarán los tamaños de cada granulometría final utilizada. Estos conceptos resultan esenciales en los apartados siguientes, ya que de ellos depende en gran medida el cálculo y selección de todos los componentes.

Materia Prima

La materia prima a transportar consiste de Arcilla calcinada a 1200 °C con 50% de Alúmina. Posee una densidad Bulk o aparente de 1300 kg/m³ e ingresa a la empresa a granel, para poder ser molida y obtener las diferentes granulometrías que se utilizan para el producto final.

Granulometrías

Para definir cada granulometría se utilizan los números de mallas estándar que limitan los valores mínimos y máximos que las partículas pueden tener. A modo de ejemplo, una granulometría “-X” “+Y” implica que el 90% de las partículas atraviesan la malla N°X pero el mismo porcentaje es retenido en la N°Y. A continuación, se adjunta un extracto de la tabla utilizada para convertir los valores de Mesh a mm.

U.S. MESH	INCHES	MICRONS	MILLIMETERS
3	0.2650	6730	6.730
4	0.1870	4760	4.760
5	0.1570	4000	4.000
6	0.1320	3360	3.360
7	0.1110	2830	2.830
8	0.0937	2380	2.380
10	0.0787	2000	2.000
12	0.0661	1680	1.680
14	0.0555	1410	1.410
16	0.0469	1190	1.190
18	0.0394	1000	1.000
20	0.0331	841	0.841
25	0.0280	707	0.707
30	0.0232	595	0.595

Tabla 7.1. - Granulometrías

De esta manera, se procede a explicar y detallar las seis granulometrías utilizadas.

- -3 +10: surge únicamente del proceso de Trituración (triturado de la materia prima mediante trituradores de mandíbulas). El 90% de las partículas incluidas en ella atraviesan la Malla 3, pero no lo hacen con la 10.

- -10 +30: segunda granulometría que se extrae del proceso de Trituración, modificando las zarandas utilizadas. Resulta análoga a la anterior, pero con las Mallas 10 y 30.
- 30 MA: se obtiene del mismo proceso anterior, aunque en este caso la Malla 30 es el límite máximo de las partículas. Actualmente esta granulometría se utiliza poco, con lo cual la mayoría se encuentra en stock y su molienda es reducida.
- 30 MB: a diferencia de las anteriores, surge de reprocesar el -3 +10 y 30 MA dentro de un molino de bolas. En este caso, la Malla 30 es el límite mínimo de las partículas.
- -6 +10: se la obtiene reprocesando únicamente el -3 +10 en un molino de rodillos.
- FF: la granulometría más fina de todas, la cual surge de aspirar el polvo que se genera dentro de las máquinas encargadas de triturar y moler la materia prima.

Una vez definidas, se establece un cuadro comparativo con los tamaños de partículas de cada una.

Tamaños de Partículas		
Granulometría	Tamaño Máximo de Grano [mm]	Tamaño Mínimo de Grano [mm]
-3 +10	6,73	2
-10 +30	2	0,595
30 MA	6,73	0,595
30 MB	0,595	No definido
-6 +10	3,36	2
FF	0,595	No definido

Tabla 7.2. – Tamaños de partículas

Tornillos Dosificadores

Se seleccionan tornillos dosificadores en las descargas de cada silo debido a las siguientes razones:

- Su completo cerramiento disminuye notablemente las posibilidades de contaminación ambiental mediante polvo en suspensión.
- Permiten dosificar de forma constante y con baja variabilidad.

Para el cálculo de los tornillos dosificadores se utiliza la Norma ANSI-CEMA-350, el cual se desarrolla a continuación. Para facilitar la comprensión del cálculo y selección, se establece el siguiente flujograma:

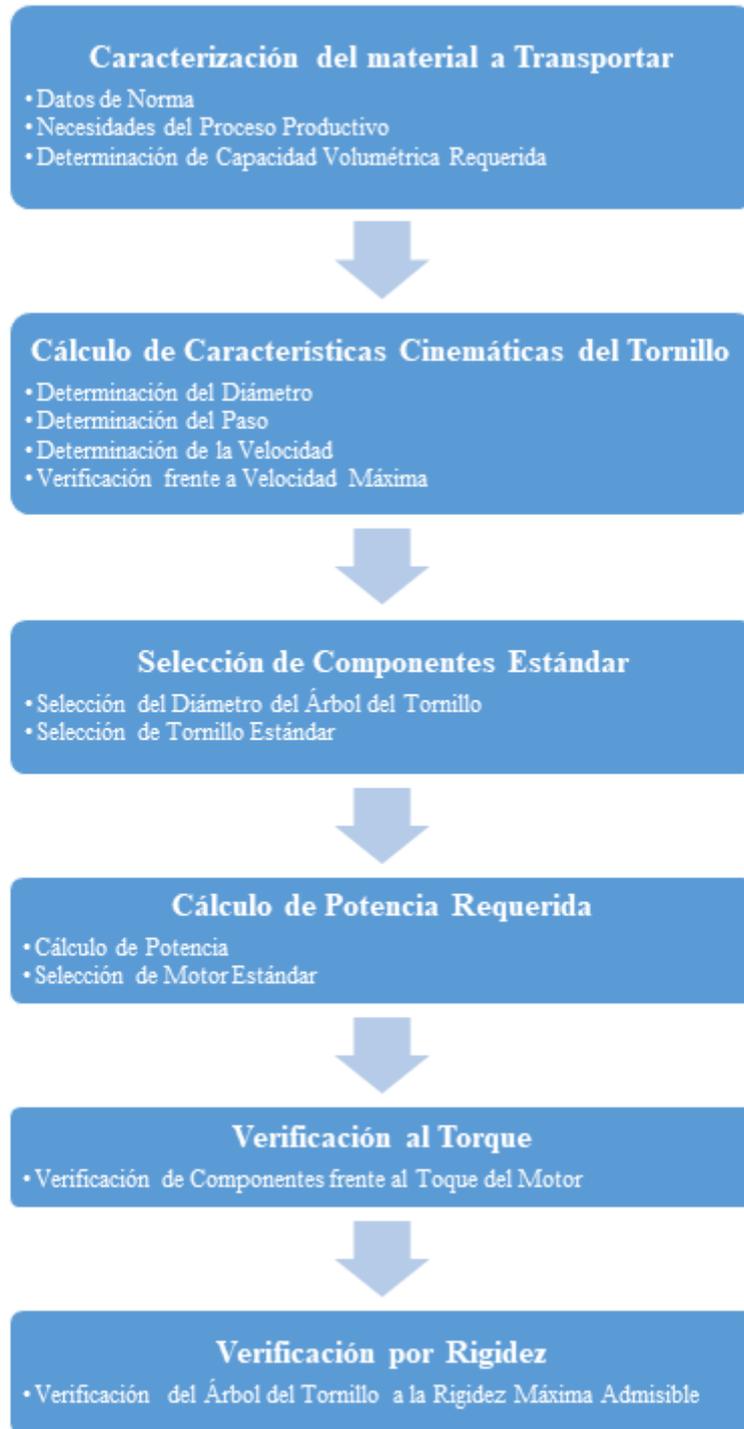


Gráfico 7.1. – Flujograma Cálculo Tornillo. Norma ANSI-CEMA-350

Antes de comenzar resulta importante señalar que, para favorecer la fluidez del procedimiento, se utilizará durante todo el mismo, y en concordancia con la Norma estipulada, el Sistema de Unidades Imperiales. Una vez finalizado, se adjunta una tabla con todos los valores importantes calculados y adoptados en el Sistema Internacional.

Caracterización del Material a Transportar

En función de las tablas definidas dentro de la norma, se establecen las siguientes características propias del material a transportar:

- Material: Arcilla Calcinada.
- Densidad Bulk o Aparente: 1300 kg/m³.
- Tamaños de Partículas (según Norma):
 - Muy fina: A40.
 - Fina: B6.
 - Granular: C1/2.
- Fluidez: Fluidez Promedio
- Abrasividad: Moderada.
- Serie de Componentes (utilizado para selección de componentes estándar): 3D.
- Fm: Factor de Material (utilizado para cálculos de potencia): 2,4.
- Código de Material (según Norma):
 - A36.
 - B36.
 - C36.
- Capacidad de Dosificación Másica Requerida: 6000 kg/h

Este último dato surge en función del proceso productivo, con el objetivo de poder dosificar 100 kg/min, reducir los tiempos de carga y eliminar la posibilidad de que la carga de las mezcladoras sea un cuello de botella. Mediante la densidad aparente del material y sabiendo que 1 m³ es equivalente a 35,3157 ft³ se obtiene que:

- Capacidad de Dosificación Volumétrica Requerida: 163 ft³/h.

Esta resulta la capacidad a la máxima velocidad de giro que el tornillo debe entregar.

Cálculo de Características Cinemáticas del Tornillo

En esta primera etapa se determinan el diámetro y paso del tornillo. Una vez obtenidos, se calcula la capacidad equivalente del sistema (resulta la capacidad de dosificación volumétrica requerida afectada por diversos coeficientes) para, de esta manera, poder estimar la velocidad de funcionamiento del transporte. Para ello se utilizan las ecuaciones extraídas de la norma que se encuentran en la columna “Observación” de la tabla debajo.

Para esta sección se utilizan los gráficos mostrados debajo, los cuales arrojan las siguientes características.

Característica	Valor	Unidad	Observación
Grado de Carga del Canal (Degree of Though Loading)	30%	B	Seleccionado de Tabla 2-3 en función de la clase de material (A36, B36 y C36)
Diámetro del Tornillo (Screw Dia.)	9	inch	Seleccionado de Tabla 2-3 en función de la clase de material y la capacidad a máx. rpm
Paso del Tornillo (Pitch)	6	inch	Paso = 2/3 x Diámetro (Short Pitch). Se elige esta relación de paso corto ya que favorece la dosificación
Capacidad a un rpm (Capacity at one rpm)	5,45	ft ³ /h	Seleccionado de Tabla 2-3

CF ₁ (Special Pitch Factor) Conveyor Capacity	1,5	-	Seleccionado de Tabla 2-4 y por Paso Corto (Short Pitch)
CF ₂ (Special Flight Factor) Conveyor Capacity	1	-	No aplica en esta situación
CF ₃ (Special Mixing Capacity Factor) Conveyor Paddle	1	-	No aplica en esta situación
Capacidad Equivalente	244,49	ft ³ /h	$C_{eq} = C_{req} \times CF_1 \times CF_2 \times CF_3$
Velocidad del Tornillo	44,86	rpm	$V = C_{eq} / (\text{Capacidad a un rpm})$

Tabla 7.3. – Cálculo Características Cinemáticas del Tornillo

Como puede observarse en función de la tabla 7.4., la velocidad del tornillo verifica la velocidad máxima estipulada por norma. A continuación, se detallan las tablas de

Material Class Code	Degree of Trough Loading	Screw Dia. (in)	Maximum RPM*	Capacity, ft ³ /hr			
				At Max. RPM	At One RPM		
A-15	45% 	6	165	368	2.23		
A-25		9	155	1,270	8.2		
B-15		12	145	2,820	19.4		
B-25		14	140	4,370	31.2		
C-15		16	130	6,060	46.7		
C-25		18	120	8,120	67.6		
		20	110	10,300	93.7		
		24	100	16,400	164.0		
	30	90	28,795	320.0			
	36	75	41,490	553.2			
A-35	E-15	30% A 	6	120	180	1.49	
A-45	E-25		9	100	545	5.45	
B-35	E-35		12	90	1,160	12.9	
B-45	E-45		14	85	1,770	20.8	
C-35			16	80	2,500	31.2	
C-45			18	75	3,380	45.0	
D-15			20	70	4,370	62.5	
D-25			24	65	7,100	109.0	
D-35			30	60	12,800	213.3	
D-45			36	50	18,440	368.8	
A-16	C-36		30% B 	6	60	90	1.49
A-26	C-46			9	55	300	5.45
A-36	D-16	12		50	645	12.90	
A-46	D-26	14		50	1,040	20.80	
B-16	D-36	16		45	1,400	31.520	
B-26	D-46	18		45	2,025	45.00	
B-36	E-16	20		40	2,500	62.50	
B-46	E-26	24		40	4,360	109.00	
C-16	E-36	30		35	7,465	213.30	
C-26	E-46	36		30	11,064	368.80	

Material Class Code		Degree of Trough Loading	Screw Dia. (in)	Maximum RPM*	Capacity, ft ³ /hr	
					At Max. RPM	At One RPM
A-15		 <p>45%</p>	6	165	368	2.23
A-25			9	155	1,270	8.2
B-15			12	145	2,820	19.4
B-25			14	140	4,370	31.2
C-15			16	130	6,060	46.7
C-25			18	120	8,120	67.6
			20	110	10,300	93.7
			24	100	16,400	164.0
		30	90	28,795	320.0	
		36	75	41,490	553.2	
A-35	E-15	 <p>30% A</p>	6	120	180	1.49
A-45	E-25		9	100	545	5.45
B-35	E-35		12	90	1,160	12.9
B-45	E-45		14	85	1,770	20.8
C-35			16	80	2,500	31.2
C-45			18	75	3,380	45.0
D-15			20	70	4,370	62.5
D-25			24	65	7,100	109.0
D-35			30	60	12,800	213.3
D-45			36	50	18,440	368.8
A-16	C-36	 <p>30% B</p>	6	60	90	1.49
A-26	C-46		9	55	300	5.45
A-36	D-16		12	50	645	12.90
A-46	D-26		14	50	1,040	20.80
B-16	D-36		16	45	1,400	31.520
B-26	D-46		18	45	2,025	45.00
B-36	E-16		20	40	2,500	62.50
B-46	E-26		24	40	4,360	109.00
C-16	E-36		30	35	7,465	213.30
C-26	E-46		36	30	11,064	368.80

Tabla 7.4. – Capacidades de Tornillo Transportador I. Norma ANSI-CEMA-350

Special Conveyor Pitch Capacity Factor CF_1					
Pitch	Description	CF_1			
Standard	Pitch = Diameter of screw	1.00			
Short	Pitch = 2/3 Diameter of screw	1.50			
Half	Pitch = 1/2 Diameter of screw	2.00			
Long	Pitch = 1-1/2 Diameter of screw	0.67			
Special Conveyor Flight Capacity Factor CF_2					
Type of Flight	Conveyor Loading				
	15%	30%	45%		
Cut Flight	1.95	1.57	1.43		
Cut & Folded Flight	N. R.*	3.75	2.54		
Ribbon Flight	1.04	1.37	1.62		
Special Conveyor Mixing Paddle Capacity Factor CF_3					
Factor CF_3	Standard Paddles Per Pitch Set at 45°				
	Reverse Pitch				
	None	1	2	3	4
	1	1.08	1.16	1.24	1.32

* Not Recommended

Tabla 7.5. – Capacidades de Tornillo Transportador II. Norma ANSI-CEMA-350

Selección de Componentes Estándar

En este apartado, y en función de los datos obtenidos con anterioridad, se determinan todos los componentes estándar que el sistema de transporte requerirá. De esta manera, se obtendrá como información el tipo de rodamientos a utilizar, el diámetro del árbol del tornillo, el diámetro de acople entre tornillos (en caso de ser necesario) y, en última instancia, el modelo del mismo, el cual se utilizará para simplificar el proceso de compra.

La selección de componentes que tendrá el conjunto del tornillo se realiza, nuevamente, mediante a tablas propuestas por la Norma mencionada anteriormente. Del mismo lugar se obtiene la fórmula empírica para calcular la velocidad máxima recomendada para los rodamientos.

Característica	Valor	Unidad	Observación
Número de Grupo (Group Number Designation)	2	-	Seleccionado de Tabla 2-6 en función del tamaño de granulometría y la abrasividad del material
Componente de Grupo (Component Group Designation)	D	-	Seleccionado de Tabla 2-6 en función del número de grupo designado con anterioridad
Tipo de Rodamientos (Type of Intermediate Hanger Bearing)	Acero	-	Seleccionado de Tabla 2-6 en función de los dos valores anteriores (de ser necesario)

Diámetro del Árbol (Pipe Size SCH 40)	2,5	Inch (Pulgada)	Estándar por Norma. Se utiliza un tubo hueco SCH 40 como árbol que sostiene a la hélice del tornillo
Diámetro del acople entre tornillos (Coupling Diameter)	2	Inch (Pulgada)	Seleccionado de Tabla 2-8 seleccionando "Heavy Service" y un tornillo de 9". Este acople sirve para unir tornillos cuando la longitud total del mismo supere la estándar
Velocidad máx. Recomendada de los rodamientos	48	rpm	$V = 120/\text{diámetro del Árbol}$
Tornillo Estándar Seleccionado (Size Designation)	9S412	-	Seleccionado de Tabla 2-8 en función del diámetro del tornillo y el tipo de hélice seleccionada.

Tabla 7.6. – Selección de Componentes Estándar I

Como puede observarse, los rodamientos verifican, según Norma, la velocidad máxima recomendada. El tipo de Hélice seleccionada es "Sectional Flight", ya que, debido a los bajos requerimientos del proyecto, no es necesario incurrir en costos extras para obtener un tornillo helicoidal, sino que el mismo puede generarse soldando distintas secciones de acero alrededor del eje. Sobre el final de esta sección se adjunta un esquema del tornillo seleccionado con todas sus características geométricas importantes.

Material Classification Code				Component Group Designation					
Material Size Classification	Abrasiveness Number	Corrosiveness Letter	Group Number Designation	Type of Intermediate Hanger Bearing + (See Table 2-10)					
				Babbited or Bronzed	Self Lubricating	Ball Bearing Δ	Hard Iron	Plastic Nylon PTFE	
A ₂₀₀ A ₁₀₀ A ₄₀	B ₆ C _{1/2}	5	Non-Corrosive T S	1 2 3	B B B	B B B	A - -	- - -	C C C
D ₃ D ₇ D ₁₆ D _x	or E	5	Non-Corrosive T S	2 2 3	B B B	B B B	A - -	- - -	C C C
A ₂₀₀ A ₁₀₀ A ₄₀	B ₆ C _{1/2}	6	Non-Corrosive T S	2 3 3*	- - -	- - -	- - -	D D D	- - -
D ₃ D ₇ D ₁₆ D _x	or E	6	Non-Corrosive T S	2 3 3*	- - -	- - -	- - -	D D D	- - -
A ₂₀₀ A ₁₀₀ A ₄₀	B ₆ C _{1/2}	7	Non-Corrosive T S	3 3 3*	- - -	- - -	- - -	D D D	- - -
D ₃ D ₇ D ₁₆ D _x	or E	7	Non-Corrosive T S	3 3 3*	- - -	- - -	- - -	D D D	- - -

Tabla 7.7. – Selección Componentes Estándar II. Norma ANSI-CEMA-350

Heavy Service

Table 2-8 Component Groups 2A, 2B, 2C and 2D. Regular Flights and Regular Trough

Screw Dia. (in)	Coupling Dia. (in)	Screw Number *		Thickness, U.S. Standard (ga. or in)	
		Helicoid Flights	Sectional Flights	Trough	Cover
6	1-1/2	6H308	6S309	14 ga.	16 ga.
9	1-1/2	9H312	9S309	10 ga.	14 ga.
9	2	9H412	9S412	10 ga.	14 ga.
12	2	12H412	12S412	3/16 in	14 ga.
12	2-7/16	12H512	12S512	3/16 in	14 ga.
12	3	12H614	12S616	3/16 in	14 ga.
14	2-7/16	---	14S512	3/16 in	14 ga.
14	3	14H614	14S616	3/16 in	14 ga.
16	3	16H614	16S616	3/16 in	14 ga.
18	3	---	18S616	3/16 in	12 ga.
20	3	---	20S616	3/16 in	12 ga.
24	3-7/16	---	24S716	3/16 in	12 ga.
30	3-15/16	---	30S824	1/4 in	10 ga.
36	4-7/16	---	36S924	3/8 in	3/16 in

* Note: Screw Numbers refer to ANSI/CEMA Standard No. 300 - Screw Conveyor Dimensional Standards

Tabla 7.8. – Selección de Componentes Estándar III. Norma ANSI-CEMA-350

Sectional Flight Conveyor Screws

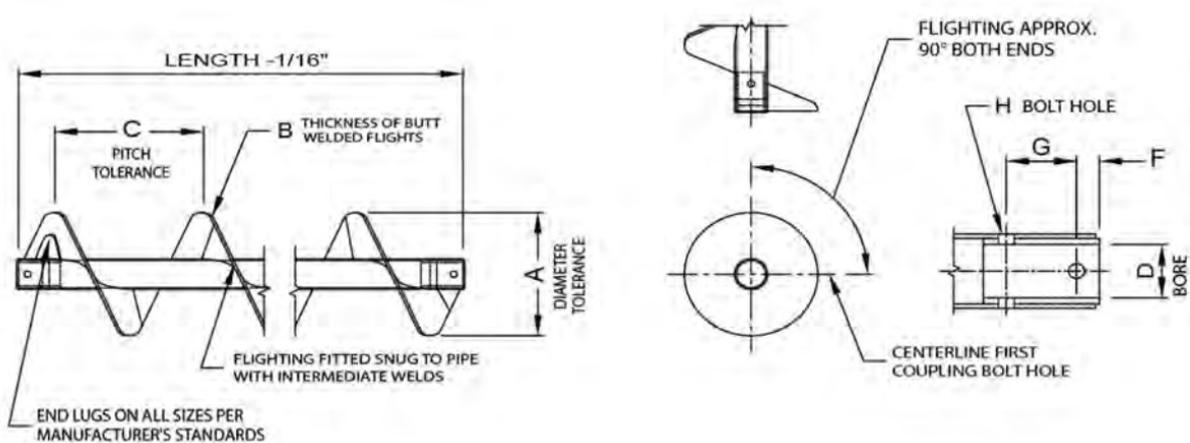


Gráfico 7.1. – Sección Tornillo Transportador. Norma CEMA-300

Listed Screw Diameter and Pitch (in)	Coupling Diameter (in)	Size Designation	Pipe Size SCH 40 (in)	Length (in)	A		B		C		D		Spacing 1st Bolt Hole (in)	Centers 2nd Bolt Hole (in)	Nominal Bolt Hole Size (in)					
					Diameter Tolerance (in)		Flight Thickness (in)		Pitch Tolerance (in)		Bushing Bore Inside Diameter (in)									
					Plus	Minus	Plus	Minus	Plus	Minus	Min.	Max.								
6	1 1/2	6S309	2	118	1/16	3/16	10 GA	3/8	1/4	1.505	1.516	7/8	3	17/32						
		6S312																		
9	1 1/2	9S312	2	118	1/16	3/16	3/16	1/2	1/4	1.505	1.516	7/8	3	17/32						
	2	9S412	2 1/2											3/16	2.005	2.016	21/32			
		9S416												1/4						
12	2	12S412	2 1/2	142	1/8	5/16	3/16	3/4	1/4	2.005	2.016	7/8	3	21/32						
	2 7/16	12S512	3											3/16	2.443	2.458	15/16	21/32		
		12S516												1/4						
		12S616												1/4						
3	12S624	3 1/2	141	5/16	1/4	3/8	3/8	3.005	3.025	1	25/32									
14	2 7/16	14S512	3	141	1/8	5/16	3/16	3/4	1/4	2.443	2.458	15/16	3	21/32						
	3	14S616												3 1/2	5/16	1/4	3.005	3.025	1	25/32
		14S624													3/8	3/8				
16	3	16S612	3 1/2	141	1/8	3/8	3/16	3/4	1/4	3.005	3.025	1	3	25/32						
		16S616													3/8	1/4				
		16S624													3/8	3/8				
		16S632													1/2	1/2				
18	3	18S616	3 1/2	141	3/16	3/8	1/4	3/4	1/2	3.005	3.025	1	3	25/32						
		18S624													3/8	3/8				
		18S632													1/2	1/2				
	3 7/16	18S716	4	140	3/16	3/8	1/4	3/4	1/2	3.443	3.467	1 1/2	4	29/32						
		18S724													3/8	3/8				
	18S732				1/2	1/2														
20	3	20S616	3 1/2	141	3/16	3/8	1/4	7/8	1/2	3.005	3.025	1	3	25/32						
		20S624													3/8	3/8				
		20S716													3/8	1/4				
	3 7/16	20S724	4	140	3/16	3/8	3/8	7/8	1/2	3.443	3.467	1 1/2	4	29/32						
20S732		1/2													1/2					
24	3 7/16	24S716	4	140	3/16	3/8	1/4	7/8	1/2	3.443	3.467	1 1/2	4	29/32						
		24S724													3/8	3/8				
		24S732													1/2	1/2				

Tabla 7.9. – Selección de Componentes Estándar IV. Norma ANSI-CEMA-350

Cálculo de la Potencia Requerida

Para el cálculo de la Potencia Requerida por el tornillo se tienen en cuenta los dos tipos de requerimientos de potencia que entran en juego en estas instalaciones. Por un lado, se encuentra la potencia (o fuerza) para vencer la fricción del sistema de transporte (hp_f) y, por otro, la potencia para poder transportar y dosificar el material a la velocidad determinada anteriormente (hp_m). De esta forma, y en función de la Norma utilizada, las fórmulas para su determinación resultan las siguientes.

$$hp_f = \frac{L N F_d F_b}{1,000,000}$$

$$hp_m = \frac{C L W F_f F_m F_p}{1,000,000}$$

$$hp_{total} = \frac{(hp_f + hp_m) * F_0}{e}$$

Los factores que intervienen se explican a continuación, excepto por F_0 el cual se discutirá al finalizar.

Característica	Factor	Valor	Unidad	Observación
Capacidad	C	163	ft ³ /h	Calculado anteriormente

Eficiencia de la transmisión (Approximate Efficiency)	e	0,95	-	Motorreductor simple
Factor de Rodamientos Colgantes (Hanger Bearing Factor)	F _b	4,4	-	Tabla 3-1, para grupo de componentes D. Se lo toma por seguridad, ya que todavía no sabemos si serán necesarios.
Factor por el diámetro del tornillo (Screw Diameter Factor)	F _d	31	-	Tabla 3-2, para un diámetro de 9"
Flight Factor	F _f	1	-	Tabla 3-3, con diseño estándar
Factor del Material	F _m	2,4	-	Por caracterización del material, el mismo resulta 100% empírico
Factor de Paletas (Paddle Factor)	F _p	1	-	Tabla 3-4, tornillo sin paletas
Longitud total del Transportador	L	6,56	F _t (pies)	Equivalente a 2 metros y se encuentra dentro del estándar del tornillo seleccionado, el cual equivale a 118"
Velocidad de Operación	N	45	rpm	Calculada anteriormente
Densidad Bulk del Material	W	81,16	lbs/ft ³	Propiedad del material

Tabla 7.10. – Cálculo de Potencia Requerida

Una vez determinados los factores, se procede a calcular ambas potencias mencionadas, obteniéndose los siguientes resultados:

$$hp_f = 0,04 \text{ hp}$$

$$hp_m = 0,21 \text{ hp}$$

$$hp_m + hp_f = 0,25 \text{ hp}$$

Aquí es en dónde entra en juego el factor F₀ o “Factor de Sobrecarga” (Overload Factor). La Norma establece que, si la suma de potencias calculadas al inicio resulta inferior a 5,2 hp, se debe tener en cuenta un factor que aumente considerablemente la potencia del motor, ya que sino el mismo no contará con el torque suficiente para poder arrancar el tornillo cuando se encuentre cargado. De esta forma, en función de la tabla 7.11. y la suma de ambas potencias, se determina que el factor de sobrecarga F₀ resulta 2,9. Una vez determinado, se calcula la potencia final de la instalación.

$$hp \text{ total} = 0,76 \text{ hp} = 0,57 \text{ kW}$$

De esta manera, y por seguridad, se selecciona un motor con una potencia de 0,75 kW (1 hp), que resulta el estándar superior. A continuación, se adjuntan las tablas utilizadas

Component Group	Bearing Type	F _b
Group A	Ball	1.0
Group B	Babbitt Bronze Graphite bronze * Canvas base phenolic * Oil impregnated bronze * Oil impregnated wood *	1.7
Group C	Plastic * Nylon * PTFE*	2.0
Group D	Chilled hard iron * Hardened alloy sleeve *	4.4

* Non-lubricated bearings or bearing not additionally lubricated

Tabla 7.11. – Factor de Cojinete, F_b. Norma ANSI-CEMA-350

Screw Diameter (in)	F _d	Screw Diameter (in)	F _d
6	18	18	135
9	31	20	165
10	37	24	235
12	55	30	365
14	78	36	540
16	106		

Tabla 7.12. – Factor de Diámetro de Tornillo, F_d. Norma ANSI-CEMA-350

Type of Flight	Conveyor Loading			
	15%	30%	45%	95%
Standard	1.00	1.00	1.00	1.00
Cut Flight	1.10	1.15	1.20	1.30
Cut & Folded Flight	N.R. *	1.50	1.70	2.30
Ribbon Flight	1.00	1.14	1.20	-

* Not Recommended

Tabla 7.13. – Factor de Hélice, F_f. Norma ANSI-CEMA-350

Factor F _p	Standard paddles per pitch set at 45° reverse pitch				
	None	1	2	3	4
	1.00	1.29	1.58	1.87	2.16

Tabla 7.14. – Factor de Paleta, F_p. Norma ANSI-CEMA-350

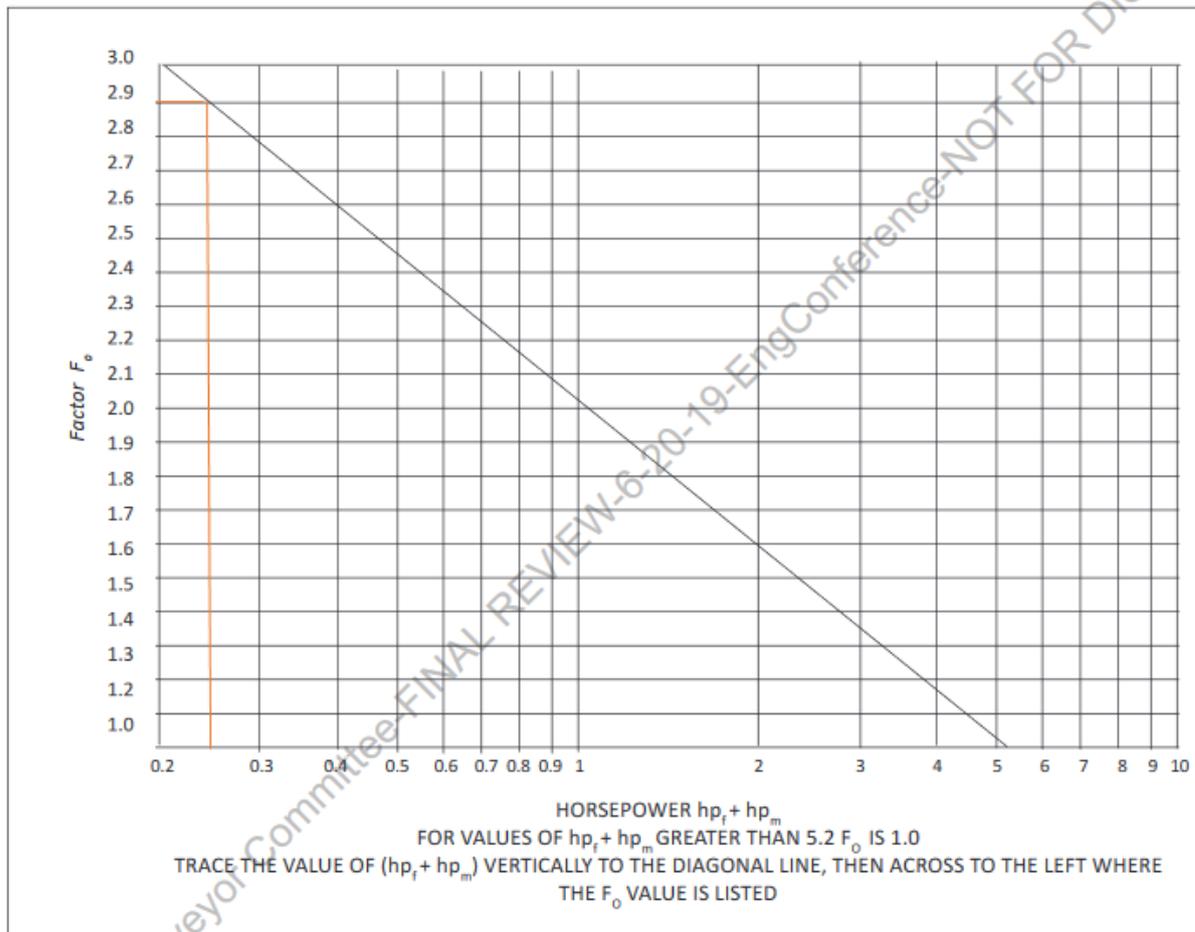


Gráfico 7.2. – Factor de Sobrecarga, F_o . Norma ANSI-CEMA-350

Type of Speed Reduction Mechanism	Approximate Efficiencies
V-Belts and Sheaves	0.94
Precision Roller Chain on Cut Tooth Sprockets, Open Guard	0.93
Precision Roller Chain on Cut Tooth Sprockets, Oil Tight Casing	0.94
Single Reduction Helical or Herringbone Enclosed Gear Reducer or Gearmotor	0.95
Double Reduction Helical or Herringbone Enclosed Gear Reducer or Gearmotor	0.94
Triple Reduction Helical or Herringbone Enclosed Gear Reducer or Gearmotor	0.93
Single Reduction Helical Gear, Enclosed Shaft Mounted Speed Reducers and Screw Conveyor Drives	0.95
Double Reduction Helical Gear, Enclosed Shaft Mounted Speed Reducers and Screw Conveyor Drives	0.94
Low Ratio (up to 20:1 range) Enclosed Worm Gear Speed Reducers	0.90
Medium Ratio (20:1 to 60:1 range) Enclosed Worm Gear Speed Reducers	0.70
High Ratio (over 60:1 to 100:1 range) Enclosed Worm Gear Speed Reducers	0.50
Cut Tooth, Miter or Bevel Gear, Enclosed Countershaft Box Ends	0.93
Cut Tooth Spur Gears, Enclosed, For Each Reduction	0.93
Cut Tooth Miter or Bevel Gear Open Type Countershaft Box Ends	0.90
Cut Tooth Spur Gears, Open For Each Reduction	0.90
Cast Tooth Spur Gears, Open For Each Reduction	0.85

Tabla 7.15. – Eficiencia Mecánica de Mecanismos de Reducción. Norma ANSI-CEMA-350

Verificación al Torque

Una vez que se tienen tanto la potencia de la instalación como su velocidad, se debe verificar que todos sus componentes puedan transmitir, de forma segura, el torque generado. Para ello, en primer lugar, se determina el torque mediante la siguiente fórmula.

$$T = \frac{63025 \text{ hp}}{RPM}$$

$$T = 1400,6 \text{ lb inch}$$

Luego, este valor debe ser contrastado con los de la siguiente tabla, teniendo en cuenta que contamos con un tubo SCH 40 de 2,5”.

Table 3-5. Torsional Ratings of Bolts, Pipe and Coupling (in-lbs)

Shaft Dia. (in)	Pipe		Couplings		Dia. (in)	Bolts					
	Size (in)	Torque (in-lbs)	Torque (in-lbs)			Bolts in Shear T ₁ (in-lbs)			Bolts in Bearing T ₂ (in-lbs)		
			C-1018	C-1045		No. Of Bolts Used			No. Of Bolts Used		
		T ₃	T ₄	T ₅		1	2	3	1	2	3
1	1-1/4	3,140	820	1,025	3/8	690	1,380	2,070	985	1,970	2,955
1-1/2	2	7,500	3,070	3,850	1/2	1,830	3,660	5,490	2,500	5,000	7,500
2	2-1/2	14,250	7,600	9,500	5/8	3,800	7,600	11,400	3,930	7,860	11,790
2-7/16	3	23,100	15,030	18,780	5/8	4,635	9,270	13,900	5,820	11,640	17,460
3	3-1/2	32,100	28,350	35,440	3/4	8,200	16,400	24,600	7,770	15,540	23,310
3	4	43,000	28,350	35,440	3/4	8,200	16,400	24,600	12,500	25,000	37,500
3-7/16	4	43,000	42,470	53,080	7/8	12,800	25,600	38,400	10,900	21,800	32,700
3-15/16	5	65,100	61,190	76,485	1-1/8	24,270	48,540	72,810	26,060	52,120	78,180
4-7/16	6	101,160	88,212	110,265	1-1/4	33,760	67,520	101,280	45,375	90,750	136,125

Tabla 7.16. – Verificación a la Torsión. Norma ANSI-CEMA-350

Como puede observarse, todos los componentes de la fila verifican al torque calculado con, por lo menos, un coeficiente de seguridad de 2. De esta forma, nuestra instalación verifica al torque.

Verificación por Rigidez

En última instancia, la verificación por rigidez resulta esencial en este tipo de instalaciones debido al desgaste prematuro que puede producirse si la hélice del tornillo roza con el contenedor del material. De esta forma, se debe determinar la flecha máxima del eje, considerándolo como un eje simplemente apoyado entre dos rodamientos con una carga en el centro que simule el peso de la instalación (condición más crítica de todas). Así es como, se utiliza la siguiente fórmula para su cálculo. Cabe resaltar que, en esta instancia, no se tendrá en consideración el peso de la hélice.

$$\Delta = \frac{5WL^3}{384EI}$$

Dónde:

Característica	Factor	Valor	Unidad	Observación
Peso por pie del tubo SCH 40 (Weight per foot)	w	5,793	lb/ft	Seleccionado de tabla 3-6 y el tamaño determinado con anterioridad
Longitud total del Transportador	L	6,56	ft	Determinada anteriormente
Peso total del tubo SCH 40	W	38,01	lb	W = w x L
Longitud entre rodamientos	L	78,74	inch	Sin tener en cuenta rodamientos intermedios, y convirtiendo los pies en pulgadas

Módulo de Elasticidad del Acero	E	29x10 ⁶	lbs/in ²	Dato del acero
Momento de inercia del tubo SCH 40 (Moment of Intertia)	I	1,53	inch ⁴	Seleccionado de tabla 3-6 y el tamaño determinado con anterioridad
Flecha Permitida	Δ_{adm}	0,25	inch	Valor tomado por Norma

Tabla 7.17. – Verificación por Rigidez

Una vez obtenidos los parámetros, se calcula la flecha máxima.

$$\Delta_{m\acute{a}x} = 0,0054''$$

Como puede observarse, la instalación verifica a la flexión máxima, lo cual nos indica, a su vez, que no se requerirán rodamientos intermedios, lo cual simplifica considerablemente a la instalación. A continuación, se adjunta la tabla utilizada.

Pipe Size (in)	Diameter (in)		Weight Per Foot Pounds	Moment of Inertia I
	External	Internal		
1-1/4	1.660	1.380	2.272	0.79
2	2.375	2.067	2.652	0.67
2-1/2	2.875	2.469	5.793	1.53
3	3.500	3.068	7.575	3.02
3-1/2	4.000	3.548	9.109	4.79
4	4.500	4.026	10.790	7.23
5	5.563	5.047	14.617	15.16
6	6.625	6.065	18.974	28.14
8	8.625	7.981	28.554	72.49
10	10.750	10.020	40.483	160.73
12	12.750	12.000	49.562	279.34

Tabla 7.18. – Verificación Flecha máxima para Schedule 40. Norma ANSI-CEMA-350

Cálculo de la Nueva Potencia

Debido a la verificación realizada anteriormente, y el hecho de no tener que utilizar rodamientos colgantes, podemos tomar F_b como 1, lo cual afecta al cálculo de la potencia.

De esta manera, la suma de ambas potencias resulta de 0,22 hp y F_0 pasa a valer 2,95. Así, la potencia final calculada es de 0,68 hp o 0,5 kW. Esto indica que la selección del motor de 0,75 kW sigue siendo correcta.

Selección de Componentes

Una vez llevados a cabo los cálculos y verificaciones, se procede a listar las características de la instalación utilizando el Sistema Internacional de Unidades.

Característica	Valor
Diámetro Tornillo	228,6 mm
Paso Tornillo	152,4 mm
Capacidad Equivalente	6,92 m ³ /h
Diámetro Árbol SCH 40	63,5 mm
Longitud Total	2 m
Tornillo Estándar	9S412
Potencia Motor	0,75 kW
Velocidad de Giro	45 rpm
Torque Calculado	158,25 Nm
Mínimo Torque Admisible	429,34 Nm
Flecha Calculada	0,14 mm
Flecha Admisible	6,35 mm

Tabla 7.19. – Características de la Instalación

Material del tornillo

Según la norma ANSI-CEMA-350 vemos los distintos tipos de materiales dependiendo de la condición de servicio a la que se expone el tornillo, en nuestro caso optamos por un tornillo de CO (SAE 1010) y un eje de SS (AISI-316).

Table 5-1. Component Group Selection

Service Conditions	Troughs	Covers	Helical Flighting	Sectional Flighting	Screw Pipes	Shafting	Gates & Spouts
Material packs and builds on trough	CO SS						
Material is slightly corrosive	CO CR	CR CO	CO	CO CR	CO		CO CR
Material is mildly corrosive	CO SS	CO SS	CO SS	CO SS	CO SS	SS	CO SS
Material is highly corrosive	CO SS	CO SS	CO SS	CO SS	CO SS	SS	CO SS
Material must not be contaminated	SS CO	SS CO	SS CO	SS CO	SS CO	SS	SS CO
Material must not be discolored	CO SS	CO SS	CO SS	CO SS	CO SS	SS	CO SS
Material is very hot	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS
Material is very abrasive	CO AR		CO AH HC	CO	CO	HS	CO AR
Material is very wet (with water)	CO SS	CO SS	CO SS	CO SS	CO SS	SS	CO SS

Entrando por las condiciones de servicio (service conditions) y el material altamente corrosivo (material is highly corrosive) vamos a tener el eje de AISI-316 y la estructura de SAE 1010; si bien la norma propone que con pintar el material es suficiente, optamos por

agregarle un tratamiento superficial de galvanizado electrolítico para protegerlo, el cual se enviará a hacer de manera tercerizado a otra empresa.

Cinta transportadora

Para el cálculo y selección de los componentes de la cinta transportadora se tomó como base diferentes guías de cálculo basadas las normas DIN mencionadas a continuación, además se utilizaron catálogos y software de los fabricantes de componentes que a su vez se basan en estas normas.

- DIN 22101:2011-12. *Continuous conveyors. Belt conveyors for loose bulk materials. Basis for calculation and dimensioning.*

- DIN 22102-1:2014-01. *Conveyor belts with textile plies for bulk goods. Part 1: Dimensions, specifications, marking.*

- DIN 22107-1:2014-08. *Continuous mechanical handling equipment. Idlers sets for belt conveyors for loose bulk materials. Principal dimensions.*

Esquema básico de la cinta

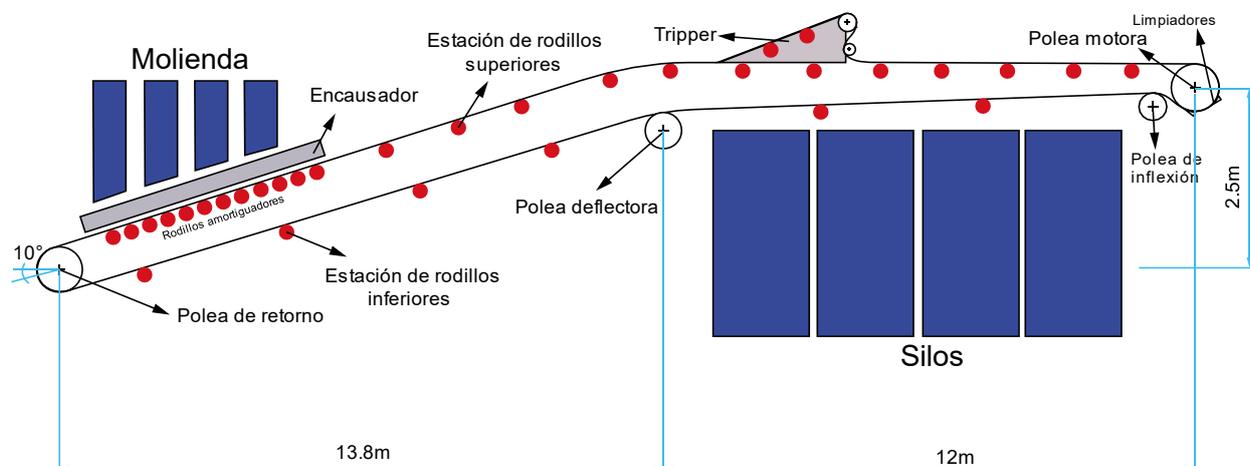


Gráfico 7.3. – Esquema Básico Cinta Transportadora

Parámetros de entrada

Para comenzar con el cálculo de componentes primero debemos definir los parámetros de entrada de la instalación

Las longitudes de la cinta, tanto largo, alto como el tramo inclinado son condiciones impuestas por la ubicación de los molinos y los silos en la fábrica, estos no son definitivos, pero si aproximados, ya que más adelante en función de los cálculos obtendremos las longitudes finales de la cinta. El ángulo de inclinación " α " deberá ser el menor posible en función de las longitudes, para así evitar problemas de derrame del material en el tramo inclinado.

El caudal masico transportado "Im" utilizado para los cálculos, es el del molino con mayor exigencia (6 ton/h), al igual que el tamaño máximo de grano (8mm)

El proceso no requiere altas velocidades de carga de los silos por lo cual la cinta se moverá a una velocidad baja, según norma, para evitar posibles problemas con la contaminación por polvos al cargar la misma, además de hacer todo el sistema más seguro y de menor coste.

El ancho de banda "B" y ángulo de artesa "λ" junto con la velocidad, definirán el caudal que podrá transportar la cinta. En este caso se seleccionó el menor ángulo que establece la norma (20°), ya que a mayor sea este mayores serán las zonas de transición en la cinta, por ende, la cinta deberá tener una longitud mayor y esto se ve limitado por el lay out.

Para el ancho de banda la única condición que establece la norma para la selección del mismo es que este sea de al menos 3 veces el tamaño máximo de grano.

$$B \geq 3 \times Tgm$$

$$B \geq 3 \times 8mm$$

$$B \geq 24mm$$

Por lo tanto, se optó por el menor tamaño que ofrece la norma (400mm) debido a que cuando mayor sea este, más costosa será la banda y generará mayores requerimientos de potencia para moverla.

Parámetros de entrada			
Denominación	Parámetro	Valor	Unidad
Lb	Longitud horizontal del tramo inclinado	13,8	m
Lc	Longitud del tramo horizontal de descarga	12	m
H	Altura entre ejes tambores	2,5	m
V	Velocidad de la banda	0,2	m/s
Im	Caudal másico transportado	6	Ton/h
Im	Caudal másico por transportado	1,67	kg/s
B	Ancho de la banda	400	mm
λ	Angulo de artesa	20	°
α	Angulo de inclinación de la cinta	11	°
Tgm	Tamaño máximo de grano	8	mm

Tabla 7.20. – Parámetros de Entrada Cinta Transportadora

Luego de definir estos valores se debe calcular el caudal que la cinta con estos parámetros de entrada puede transportar y verificar que sea mayor al transportado.

El fabricante Rotrans nos facilita un método de cálculo para el caudal volumétrico "Q" que puede transportar la cinta.

$$Qv = Qm \times V \times ki \times Fc$$

Donde:

ki	Factor de reducción por inclinación de la banda	-
Qm	Capacidad teórica de transporte	m3/h
Fc	Factor de carga para artesa a 20	
Qv	Capacidad de transporte volumétrico	m3/h

Qm en m³/H para V=1m/seg (Talud 20°)		Tabla K				
Ancho de Banda	Montaje Plano	Montaje en artesa				
		20°	25°	30°	35°	45°
400	23	41	45	49	52	56
500	38	70	77	83	88	96
650	69	128	141	152	162	175
800	108	200	221	239	254	275
1.000	173	327	360	390	414	447
1.200	255	479	528	571	607	656
1.400	351	665	734	794	843	910
1.600	484	849	917	987	1.053	1.144
1.800	592	1.076	1.185	1.280	1.362	1.478
2.000	735	1.347	1.484	1.604	1.706	1.850
2.200	893	1.654	1.823	1.970	2.095	2.270
2.400	1.070	1.986	2.189	2.367	2.516	2.724
2.600	1.260	2.354	2.595	2.806	2.982	3.227
2.800	1.465	2.740	3.022	3.267	3.472	3.756

Factor K de reducción por inclinación de la banda	
Ángulo de inclinación (grados)	VALOR K
2	1
4	0,99
6	0,98
8	0,97
10	0,95
12	0,93
14	0,91
16	0,89
18	0,85
20	0,81
21	0,78
22	0,76
23	0,73
24	0,71
25	0,68
26	0,66
27	0,64
28	0,61
29	0,59
30	0,56

Factor de carga (Fc)						Tabla C
Horizontal	V	Artesa	Artesa	Artesa	Artesa	
	20°	20°	30°	35°	45°	
Fc = 1	Fc = 0,55	Fc = 0,60	Fc = 0,63	Fc = 0,66	Fc = 0,70	

Tabla 7.21. – Factor de reducción, K. Catálogo Rotrans

Para el factor de reducción "k" al no haber valor para 11° utilizo el próximo valor más conservador

Luego de obtener la capacidad de transporte volumétrica, se multiplica esta por la densidad bulk del material para obtener la capacidad de transporte másica "QM".

$$QM = Q * \rho$$

Capacidad de transporte de la cinta				
Denominación	Parámetro	Valor	Unidad	Observación
ki	Factor de reducción por inclinación de la banda	0,93	-	De tabla L
Qm	Capacidad teórica de transporte	41	m3/h	De tabla K
Fc	Factor de carga para artesa a 20	0,6		De tabla C

Q	Capacidad de transporte volumétrico	6,8634	m ³ /h	Q= Qm*v*ki*Fc
QM	Capacidad de transporte masico	8,922	Ton/h	QM=Q*ρ

Tabla 7.22. – Capacidad de Transporte Cinta Transportadora

Podemos ver entonces que la capacidad de transporte de la cinta es mayor al caudal transportado.

$$QM > Im$$

Por lo cual la cinta, con los parámetros previamente definidos, será capaz de transportar el caudal que surge de la molienda.

Cálculo de potencia requerida

La norma DIN 20101 nos indica que la potencia requerida por la cinta será aproximadamente la suma de 3 potencias parciales, la potencia para mover la cinta en vacío y cargada con desplazamiento horizontal "Pv", la potencia para elevar la carga "Ph" y la potencia consumida por los rozamientos de los accesorios instalados "Pacc".

Donde:

$$PT = Pv + Ph + Pacc$$

Pv = Potencia en vacío de la cinta

Ph = Potencia de elevación

Pacc = Potencia por accesorios

La norma también nos brinda un método de cálculo para determinar estas 3 potencias.

Potencia en vacío

Esta será la potencia necesaria para vencer el peso de la banda y el rozamiento de los distintos tambores y rodillos cuando la cinta está cargada.

$$Pv = \frac{Cb \times V + QM}{Cl \times Kf}$$

Donde:

Cb	Factor de ancho de banda	kg/s
----	--------------------------	------

V	Velocidad de la banda	m/s
QM	Capacidad de transporte masico de la banda	t/h
Cl	Factor de longitud de la banda	m-1
Kf	Factor de servicio	-

Peso específico γ (T/M3)	Ancho de banda (mm)							
	300	400	500	650	800	1000	1200	1400
γ ≤ 1	31	54	67	81	108	133	194	227
1 < γ ≤ 2	36	59	76	92	126	187	277	320
γ > 2	-	65	86	103	144	241	360	414

Tabla 7.23. – Factor de Ancho de la Banda, Cb. Ingemecánica [En línea]

Longitud (m)	32	40	50	63	80	90	100	150	200	250	300
Cl	222	192	167	145	119	109	103	77	63	53	47

Tabla 7.24. – Factor de Longitud de la Banda, Cl. Ingemecánica [En línea]

Condiciones de trabajo	Kf
Favorables, buena alimentación, bajas velocidades	1,17
Normal, condiciones estándar	1
Desfavorables, baja temperatura y alta velocidad	0,74 - 0,87
Temperaturas extremadamente bajas	0,57

Tabla 7.25. – Factor de Servicio, Kf. Ingemecánica [En línea]

Potencia para elevar la carga.

Es la potencia necesaria para elevar la carga a cierta altura

$$Ph = \frac{H * QM}{367}$$

Donde:

Qm	Capacidad de transporte de la banda	t/h
H	Altura entre eje de tambores	m

Potencia debido a los accesorios.

Es la potencia necesaria para vencer los rozamientos de elementos secundarios como los trippers, dispositivos de limpieza y guías.

La norma divide a esta potencia en tres partes

$$P_{acc} = P_a + P_b + P_c$$

Donde:

Pa	Potencia debido a los trippers	Kw
Pb	Potencia debido a dispositivos de limpieza	Kw
Pc	Potencia debido a guías y faldones	Kw

POTENCIAS ADICIONALES		
	Ancho de banda (m)	Potencia (Kw)
Trippers , Pa	≤ 500	0,8 * v
	≤ 1000	1,5 * v
	> 1000	2,3 * v
Dispositivos de limpieza, Pb	Tipo de contacto / presión	
	Contacto simple	0,3 * B * v
	Contacto elevado	1,5 * B * v
Guías, de carga, Pc	Longitud Lf (m)	
	Desde punto de carga	0,16 * v * Lf

Tabla 7.26. – Potencias Adicionales para Dispositivos Necesarios. Ingemecánica [En línea]

Donde:

B	Ancho Banda	m
Lf	Longitud de la guía	m
V	Velocidad de la banda	m/s

Luego de obtener las 3 potencias y sumarlas obtenemos la potencia total "PT" la cual debemos dividir por el rendimiento del motor eléctrico y la eficiencia de los motores para obtener la potencia real.

$$PR = \frac{PT}{n}$$

Donde:

n Rendimiento motorreductor eléctrico

Finalmente, al obtener este resultado, se selecciona una potencia estándar de motor eléctrico.

Estos cálculos se realizaron a través de una planilla de Microsoft Excel

Potencia				
Denominación	Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Cb	Factor de ancho de banda	59	Kg/s	De tabla 2.4
V	Velocidad de la banda	0,3	m/s	Dato de entrada
Qm	Capacidad de transporte de la banda	6	t/h	Dato de entrada
Cl	Factor de longitud de la banda	145	m-1	De tabla 2.5
Kf	Factor de servicio	1	-	De tabla 2.6
B	Ancho Banda	400	mm	Dato de entrada
ρ	Peso específico	1,5	t/m ³	Dato de entrada
L	Longitud Aproximada Cinta	26	m	Dato de entrada
Lf	Longitud de la guía	7	m	Dato de entrada
H	Altura a elevar la carga	2,5	m	Dato de entrada
Pa	Potencia debido a los trippers	0,24	Kw	0,8*v
Pb	Potencia debido a dispositivos de limpieza	0,18	Kw	1,5*B*v
Pc	Potencia debido a guías y faldones	0,336	Kw	0,16*v*Lf
P1	Potencia en vacío	0,163	Kw	$P1=Cb*v*Qm/(Cl*Kf)$
P2	Potencia para elevar carga	0,041	Kw	$P2= H*Qm/367$
P3	Potencia rozamientos y accesorios	0,756	Kw	$P3= Pa+Pb+Pc$
Pt	Potencia Total	0,960	Kw	$Pc= P1+P2+P3$
n	Rendimiento motorreductor eléctrico	0,8		
Pc	Potencia calculada	1,200	Kw	$Pc=Pt/n$
Pn	Potencia nominal	2,2	Kw	Potencia Estándar

Tabla 7.27. – Cálculo de Potencia Cinta Transportadora

Valores de las potencias de los motores normalizados									
1,5	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22

Tabla 7.28. – Potencias de Motores Normalizados. Ingemecánica [En línea]

Se podría haber seleccionado la potencia estándar de 1.5 Kw pero para mayor seguridad y por si es necesario en un futuro aumentar la velocidad de la banda, se optó por el de 2.2 Kw.

Calculo y selección de la banda

El fabricante Dunlop nos proporciona un método de cálculo y selección para la banda transportadora, el cual luego verificaremos con un software de calculo que provee el mismo fabricante

Tensión máxima de la banda

$$TMAX = \frac{75 Pn}{V} \times K1$$

Donde:

K1	Factor de fricción según la superficie del tambor, ángulo de abrace y tensor	
Pn	Potencia nominal	HP
V	Velocidad de la cinta	m/s

Número de telas

$$NT = \frac{TMAX}{B \times CT}$$

Donde:

CT	Carga de trabajo de la tela	Kgf/cm/Tela
TMAX	Tensión máxima de la cinta	Kgf
B	Ancho de la banda	cm

*Si da un número fraccionado adoptar el inmediato superior. Mínimo 2 (telas)

Para obtener el factor "K1" primero debemos definir el ángulo de abrace entre la banda y la polea motora, el tipo de recubrimiento de esta polea y tipo de tensor que dispondrá la cinta.

El ángulo de abrace será de 200° mediante el uso de una polea inflectora, con esto evitaremos posibles deslizamientos de la banda y minimizaremos las tensiones que esta deberá soportar.



Gráfico 7.4. – Polea Inflectora

El tambor motriz poseerá un recubrimiento de goma, para así aumentar la fricción entre este y la banda.



Gráfico 7.5. – Polea Motora

La tensión en la banda se aplicará en la polea motora mediante un tornillo, según recomienda la norma para estas longitudes de cinta.

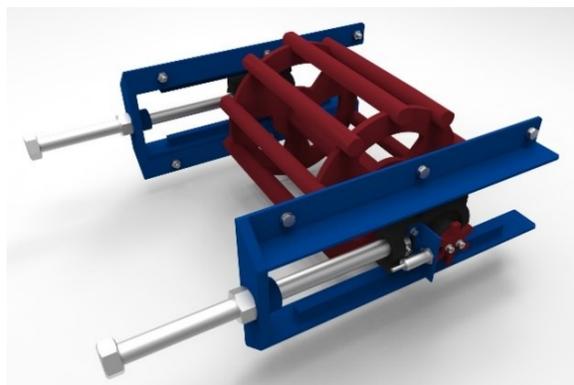


Gráfico 7.6. – Tensor de Tornillos

Una vez definidos estos parámetros se obtiene el valor de "K1" mediante la tabla que proporciona el fabricante de bandas Dunlop.

Angulo de abrace - Grados Contact angle - Degrees	TIPOS DE TENSOR / TYPE OF TENSOR			
	A tornillo / Screwed		A contrapeso / Counterweight	
	Tambor normal Regular drum	Tambor revestido Coated drum	Tambor normal Regular drum	Tambor revestido Coated drum
180°	2.15	1.84	1.64	1.50
200°	2.00	1.71	1.54	1.42
210°	1.94	1.67	1.51	1.38
220°	1.88	1.62	1.46	1.36

Tabla 7.29. – Tipos de Tensor, K1. Catálogo Dunlop

La carga de trabajo de la tela "CT" depende del material de refuerzo o "tela" seleccionado, los más frecuentemente utilizados para estos tipos de carga, según el fabricante, son las bandas textiles de Naylon-Naylon, debido a su menor peso por unidad de resistencia, a su menor elongación bajo carga de trabajo, y su nula absorción de humedad.

TIPOS DE TEJIDOS UTILIZADOS TYPES OF FABRICS USED		
Urdimbre/trama - Nylon Nylon Warp/Mesh - Nylon Nylon	Urdimbre/trama - Poliéster Nylon Warp/Mesh - Polyester Nylon	Carga de trabajo - Kg/cm/tela Working load - Kg/cm/fabric
12.5	125	12.5
20	200	20
25	250	25
30	300	30
35	350	35
40	400	40

Todos los tejidos tienen coeficiente de seguridad 10 / All fabrics have a safety factor 10

Tabla 7.30. – Tipos de Tejidos. Catálogo Dunlop

La tabla que provee el fabricante nos permite seleccionar las diferentes resistencias estándar de la cinta, en este caso seleccionaremos la de menor resistencia para el cálculo y de dar un número de refuerzos de tela muy alto optaremos por aumentar la resistencia del refuerzo.

El fabricante también aclara que estos valores poseen un coeficiente de seguridad de 10.

Luego de obtener los datos necesarios, se procede al cálculo mediante planilla de Microsoft Excel

Selección de Banda				
Denominación	Parámetro	Valor	Unidad	Observación
K1	Factor de fricción según la superficie del tambor	1,71	-	De tabla
CT	Carga de trabajo de la tela	12,5	kgf/cm/Tela	De tabla
TMAX	Tensión máxima de la cinta	703,0	Kgf	TMAX= 75*Pt*K1/V
EP	Material del hilo de refuerzo	Ny/Ny		Naylon-Naylon
NTc	Número de telas calculado	1,4		NT= TMAX/(B*CT)
NT	Número de telas adoptado	2		

Tabla 7.31. – Selección de Banda

El número de refuerzos necesarios será de 2. Definido esto procedemos a obtener la resistencia a la rotura de la cinta, también de tabla.

Número de telas Number of plies	Ny - Ny	EP
2	12.5	250/2
3	12.5	400/3
4	12.5	500/4
2	20	400/2
3	20	630/3
4	20	800/4
3	25	750/3
4	25	1000/4

Tabla 7.32. – Resistencia a la Rotura de la Cinta. Catálogo Dunlop

Resistencia a la rotura 250 N/mm

A continuación, seleccionamos el material de recubrimiento de la banda, según las características del material a transportar.

Tipos de cintas Types of belts											
Denominación Model	Base cobertura Cover base	Color Color	Superficie Surface	Abrasión Abrasion	Laceración Cracks	Máxima Temp. °C Maximum Temp. °C	Acete Oil	Acidos Acids	Anti-estaticidad Antistatic properties	Ininflamabilidad Fire resistance	Apta para transporte de: Suitable for carrying:
LEMAFER S/C	-	N/M	T	-	-	60	-	-	-	-	Elevadores, materiales poco abrasivos Elevators, low abrasive materials
LEMAFER	SBR	N	L	XX	XX	60	-	XX	-	-	Tierra, arena, chip, granos Soil, sand, chip, grains
NOMAFER	SBR	N	L	XXX	XXX	80	-	XX	-	-	Minerales, piedras de cantera, carbón, sal Quarrying, carbon, salt
DUMAFER	NR	N	L	XXXX	XXXX	80	-	XX	-	-	Minerales duros y cortantes Hard and sharp minerals
PIROFER	CR	N	L	XX	XX	-30/120	XX	XXX	XX	XXX	Productos calientes contaminados con aceite Hot products polluted with oil
PIROFER RBN	SBR	N	L	XXX	XXX	120	-	XX	-	-	Clinker, tierra de fundición, coque Clinker, foundry soil, coke
PIROFER RB	CIIR	N	L	XXX	XXX	150	-	XXX	-	-	Clinker, tierra de fundición, coque Clinker, foundry soil, coke
OLIFER	NBR	N	L	XX	XX	60	XXXX	XX	XXXX	-	Coke de petróleo, fundiciones, semillas oleaginosas y sub productos / Oil Coke, foundries, oil seeds and byproducts
TERMOLIFER	NBR	N	L	XX	XX	90	XXXX	XX	XXXX	-	Coke de petróleo, fundiciones, semillas oleaginosas y sub productos / Oil Coke, foundries, oil seeds and byproducts
PIROFER ANTIFLAM S	NBR	N	L	XX	XX	60	XXXX	XX	XXXX	XXXX	Granos y subproductos para puertos e instalaciones acateras y de acopio / Grains and byproducts for ports and oil and storage facilities.
SANITARIA	NBR	B	L	XX	XX	-30/60	XXXX	XX	-	-	Frigoríficos ind. Alimenticias en general Cold storage houses, food industries in general
PIRESIFER	NBR/PVC	B	L	XX	XX	60	XXXX	XX	-	-	Frigoríficos, azúcar, harina Cold storage houses, sugar, flour
GRIFER	SBR/NR	N	R/T	XX	XX	60	-	XX	-	-	Envasados para transporte inclinado Packaged for steep transportation
GRIFER S 12	SBR/NR	N	V	XXX	XXX	60	-	XX	-	-	Transporte inclinado, materiales a granel Steep transportation, lump materials

CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES
CHARACTERISTICS AND RECOMMENDED VALUES

N: Negro - B: Blanco - M: Marrón - L: Lisa - R: Rugosa - V: Bastones en v - T: Tela antifricción - XX: Buena - XXX: Muy buena - XXXX: Excelente
N: Black - B: White - M: Brown - L: Smooth - R: Corrugated - V: V sticks - T: Antifriction fabric - XX: Good - XXX: Very good - XXXX: Excellent

Tabla 7.33. – Material de Recubrimiento. Catálogo Dunlop

Como paso siguiente seleccionamos el espesor de la recubierta de la cinta según la siguiente tabla

Tiempo empleado en una vuelta completa de la cinta (segundos) Time elapsed for a complete turn of the belt (seconds)	Calidad de la cobertura Quality of the cover	MATERIAL TRANSPORTADO / MATERIAL CONVEYED															
		No abrasivo Non abrasive				Medianamente abrasivo Moderately abrasive				Muy abrasivo Highly abrasive				Muy abrasivo y pesado Highly abrasive and heavy			
		TAMAÑO DEL MATERIAL / DIMENSIONS															
		5	35	125	150	5	35	125	150	5	35	125	150	5	35	125	150
12	Lemafer	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nomafer	2.5	5	8	9.5	5	9.5	-	-	8	-	-	-	9.5	-	-	-
	Dumafer	1.5	3	6.5	8	3	6.5	9.5	-	5.5	9.5	9.5	9.5	8	9.5	9.5	9.5
24	Lemafer	3	5	-	-	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nomafer	1.5	2.5	5	6.5	2.5	5	9.5	-	5	8	9.5	-	5.5	9.5	-	-
	Dumafer	1.5	2.5	3	5	2.5	3	6.5	9.5	3	6.5	6.5	9.5	4	8	9.5	9.5
36	Lemafer	2.5	4	7	-	4	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nomafer	1.5	2.5	3	5	2.5	3	6.5	9.5	3	5.5	9.5	-	5	8	-	-
	Dumafer	1.5	2.5	3	5	2.5	3	5	6.5	3	4	6.5	9.5	3	5.5	9.5	9.5
48	Lemafer	1.5	3	5	8	3	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nomafer	1.5	2.5	3	5	2.5	3	5	7	3	4	8	-	3	5.5	9.5	-
	Dumafer	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	5.5	9.5	3	4	8	9.5
60	Lemafer	1.5	2.5	4	6.5	2.5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nomafer	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5.5	3	3	6.5	9.5	3	5	9.5	9.5
	Dumafer	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	5	6.5	3	3	6.5	9.5
90	Lemafer	1.5	2.5	3	6	2.5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nomafer	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	5	6.5	3	3	6.5	9.5
	Dumafer	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	5	5.5	3	3	5	6.5
120	Lemafer	1.5	2.5	3	5	2.5	3	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nomafer	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	5	5.5	3	3	5	9.5
	Dumafer	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	4	5	3	3	5	6.5

Nota: En la cobertura inferior o cara de retorno es frecuente poner 1.5 mm. de cobertura oscilando esta normalmente de 1 a 2.5 mm.
 Note: The tail face frequently bears a 1.5 mm cover, though this figure may range between 1 and 2.5 mm.

Eb	Espesor de la banda	3/2	mm/mm	esp sup / esp inf
E	Espesor total de banda	5	mm	

Tabla 7.34. – Espesor de cobertura. Catálogo Dunlop

Finalmente obtenemos la especificación de la banda a utilizar

Lemafer Ny-Ny 250/2 3/2 X 400mm

Para verificar la selección utilizamos el software de calculo que Dunlop también provee

En primera instancia definimos los parámetros de funcionamiento de la cinta.

Calculo de cintas

Ancho (cm): 40 Angulo abraze polea matriz: 200

Distancia entre poleas (m): 27

Altura (m) o angulo de inclinacion de la cinta:
 Altura Angulo inclinacion 3

Transportador:
 (ascendente/descendente) Ascendente Descendente Ascendente

Velocidad (m/seg): 0.3

Capacidad (tn/h): 6

Peso específico del material (kg/m3): 1300

Tamaño del material (mm):
 <= 25 > 25 y <= 125 > 125 <= 25

Angulo de inclinacion de rodillos de carga:
 0 20 20

Seleccionar estructura

Rodillos portantes c/cojinetes

Cinta s/cobertura sobre metal

Cinta c/cobertura sobre metal

Nro. descargadores fijos: 0

Nro. descargadores móviles: 1

Finalizar Avanzar

Gráfico 7.7. – Cálculo Cinta Transportadora I. Software Dunlop

Luego definimos el grado de abrasividad del material y la temperatura con el que trabajará la banda

Grado de abrasividad del material

EJEMPLOS

NO ABRASIVO Almidón-Arcilla-Asfalto para pavimento-Avena-Arroz-Azufre-Bagazo-Cal-Caucho-Cenizas-Café-Granos (centeno, cebada, trigo, maíz, soja)-Harina-Jabón en polvo-Maíz- Molibdeno-Madera (tacos, viruta)-Óxido de hierro-Pescado-Remolacha-Salvado-Semilla de algodón-Semilla de linaza-Talco-Tierra arcillosa húmeda-Tierra seca-Tiza-Chip de madera-Algodón-Levadura en polvo-Gelatina granulada-Carne (trozos)- Maní-Semilla alfalfa-Coco-Cacao-Caseína-Chocolate-Papel-Leche en polvo-Lodo-Tabaco.

POCO ABRASIVO Alumbre-Barita-Borax-Canto rodado-Corteza de tronco-Carbonato de sodio-Grafito-Hielo triturado-Lignito-Mica-Mineral de cromo-Nitrato de amonio-Soja-Pellets-Sal.

ABRASIVO Alúmina-Asbesto-Arena-Bauxita-Caliza-Carbón-Concreto-Cemento-Coque de petróleo-Escoria-Fosfato de sodio-Hormigón-Hueso-Ladrillos moldeados-Mineral de cobre-Mineral de zinc-Nitrato de sodio-Oxido de zinc-Tierra de fundición-Viruta de hierro-Yeso-Zinc.

MUY ABRASIVO Azúcar-Crudo-Coque-Clinker-Cuarzo-Dolomita-Feldespato-Granito-Grava-Mármol-Mineral hierro-Mineral de manganeso-Mineral de plomo-Roca-Sinter-Vidrio.

Retroceder Avanzar

Gráfico 7.8. – Cálculo Cinta Transportadora II. Software Dunlop

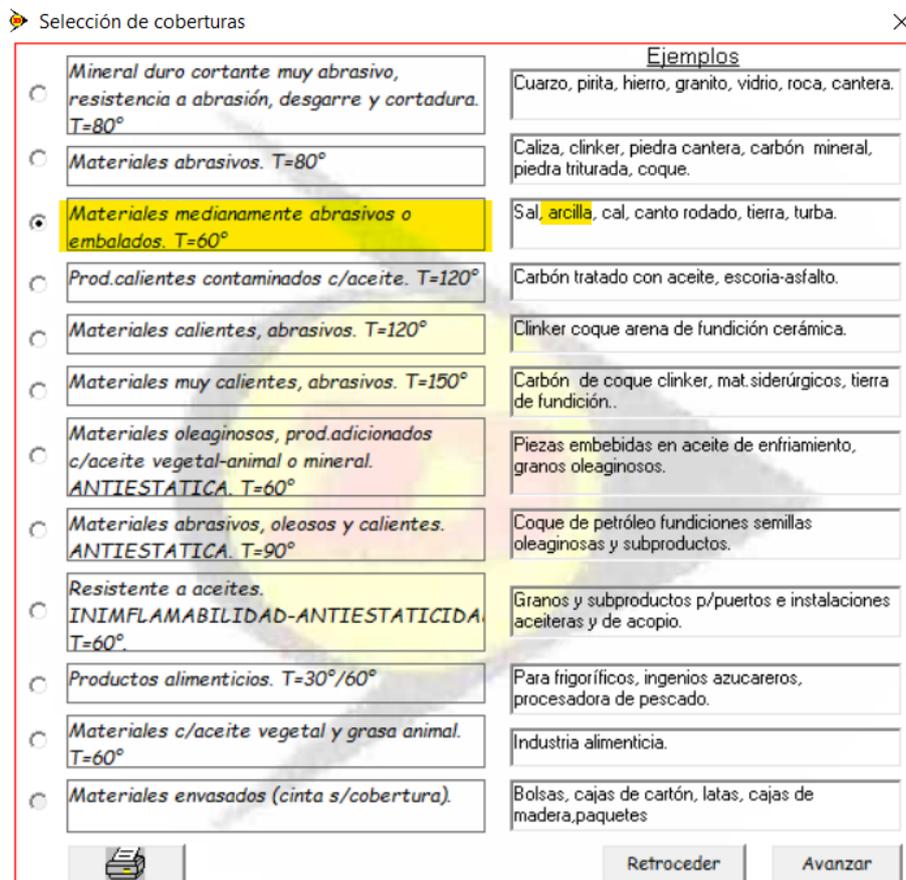


Gráfico 7.9. – Cálculo Cinta Transportadora III. Software Dunlop

Finalmente, el software nos brinda una recomendación de la cinta a utilizar.



Gráfico 7.10. – Cálculo Cinta Transportadora IV. Software Dunlop

Podemos observar que las características de la cinta recomendadas coinciden excepto por el espesor de la cubierta superior (5mm), pero al estar dado solo por el tiempo de recorrido de la cinta y el tamaño de grano, tomaremos el valor de selección según indica la tabla (3mm) ya que la mayoría de los materiales con los cuales trabajaremos poseen tamaños de grano bastante inferiores a los de cálculo, que ya de por sí arrojan un valor de 3mm, y el uso de la banda no será continuo por la cual el desgaste será también menor.

Por lo tanto, la cinta adoptada será:

Lemafer Ny-Ny 250/2 3/2 X 400mm

Y la longitud final de la misma será establecida al finalizar los cálculos.

Diámetro de las poleas

La norma DIN 22131 determina el diámetro mínimo de las diferentes poleas según la banda utilizada, en este caso el mismo fabricante de la banda nos facilita una tabla para determinar cuáles serán estas medidas.

DIAMETROS MÍNIMOS DE POLEAS ADMISIBLES EN FUNCIÓN DEL TIPO Y NUMERO DE TELAS MINIMUM DIAMETER OF PULLEYS ALLOWABLE IN RELATION TO TYPE AND NUMBER OF PLYS						
N° de telas N° of plies	Ny 12.5			Ny 20		
	Diámetro polea motora Drive pulley diameter mm	Diámetro polea de reenvío y tensora Tail and tension pulley diameter	Diámetro polea desviadora Shift pulley diameter	Diámetro polea motora Drive pulley diameter mm	Diámetro polea de reenvío y tensora Tail and tension pulley diameter	Diámetro polea desviadora Shift pulley diameter
2	300	250	250	400	350	300
3	350	300	280	500	400	350
4	500	400	350	630	500	500

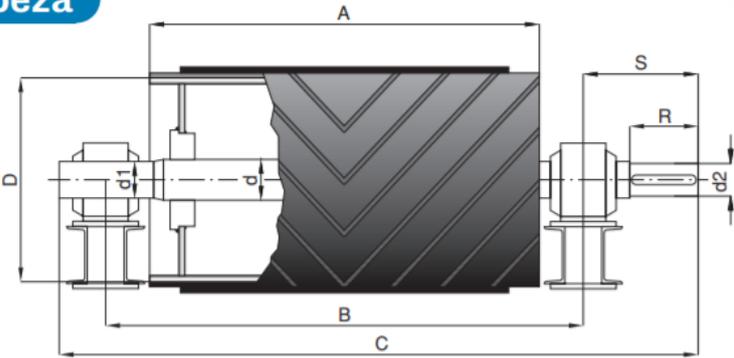
Tabla 7.35. – Diámetros Mínimos de Poleas Admisibles. Catálogo Dunlop

Luego de determinar estos diámetros seleccionamos los diferentes tambores del catálogo del fabricante Rotrans

TAMBORES BANDA 400

tambor cabeza



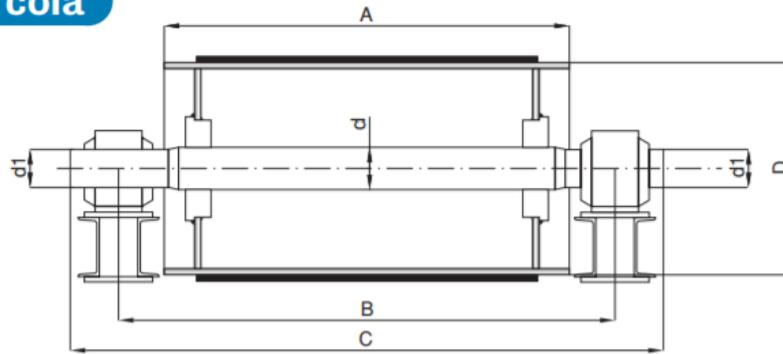


D	A	B	C	d	d1	d2	S	R	SOPORTE
216	500	655	880	50	40	35	162,5	100	SNL-509
		665	920	60	50	45	187,5	120	SNL-511
		680	965	70	60	55	210	135	SNL-513
320	500	665	920	60	50	45	187,5	120	SNL-511
		680	965	70	60	55	210	135	SNL-513
		690	1000	80	70	65	230	150	SNL-516
404	500	680	965	70	60	55	210	135	SNL-513
		690	1000	80	70	65	230	150	SNL-516
		710	1050	90	80	75	250	160	SNL-518

La longitud total del eje así como el diámetro 'd2' y la longitud 'R' dependerán del tipo y modelo de reductor.

Tabla 7.36. – Selección de Tambor Cabeza. Catálogo Rotrans

tambor cola



D	A	B	C	d	d1	SOPORTE
216	500	655	780	50	40	SNL-509
		665	800	60	50	SNL-511
241		680	830	70	60	SNL-513
320	500	665	800	60	50	SNL-511
		680	830	70	60	SNL-513
404		690	850	80	70	SNL-516
505	500	680	830	70	60	SNL-513
		690	850	80	70	SNL-516
		710	890	90	80	SNL-518

Notas

- En las tablas las dimensiones están expresadas en mm.
- Las medidas son orientativas, bajo demanda se pueden fabricar tambores con diferentes dimensiones.

Tabla 7.37. – Selección de Tambor Cola. Catálogo Rotrans

Dpm	Diámetro adoptado polea motora	320	mm	Fabricante Rotrans
Dpr	Diámetro adoptado polea reenvío	320	mm	Fabricante Rotrans

Tabla 7.38. – Diámetros Adoptados

Cálculo de tensiones en la banda

Las tensiones que se ejercen sobre la banda varían en toda su longitud. Su magnitud depende de:

- La disposición de la banda transportadora.
- Del número y disposición de los tambores de accionamiento.
- Las características del accionamiento y de los frenos.
- Del tipo y disposición de los dispositivos de tensión de la banda.
- La fase de funcionamiento (arranque, marcha normal, frenado, etc.).

En función de las tensiones en la banda y de los esfuerzos en los otros órganos de la instalación debidos a las sollicitaciones de la banda, los esfuerzos de tracción aplicados a la banda deberán ser lo más pequeños posibles.

Para la buena marcha de la instalación es indispensable que la banda cumpla las dos condiciones siguientes:

- No se produzca deslizamiento, es decir, se tiene que cumplir la condición (ecuación de Euler-Eytelwein):

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu\phi}$$

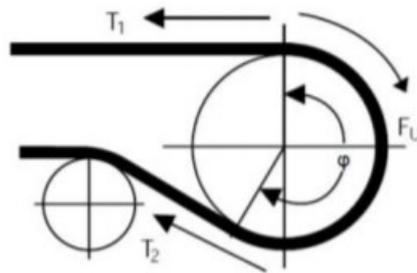


Gráfico 7.11. – Esquema Tensiones en la Banda

Donde:

α	Ángulo de abrace tambor motriz	Grados
μ	Coefficiente de fricción banda	
T1	Tensión del tramo tenso en arranque	N
T2	Tensión del tramo flojo en arranque	N

Coefficiente de fricción de la banda "μ":

SUPERFICIE DEL TAMBOR	RECUBRIMIENTO	
	SIN	CON
Alta adherencia	0.35	0.45
Seca	0.35	0.4
Húmeda	0.2	0.35
Mojada	0.1	0.3

Tabla 7.39. – Coeficiente de Fricción de la Banda

Sin la tensión del tramo flojo "T2" que evita el deslizamiento, la banda no puede transmitir el movimiento. Por tanto, la diferencia entre la tensión del lado tenso y la tensión del lado flojo es la fuerza tangencial Ft.

$$F_t = T_1 - T_2$$

Para calcular las tensiones T_1 y T_2 , se forma un sistema con dos ecuaciones y con dos incógnitas.

Para determinar la fuerza tangencial (F_t) que transmite el tambor motriz a la banda en estado estacionario, es decir, cuando la cinta está funcionando a régimen constante, se emplea la siguiente fórmula en función de la potencia nominal de la cinta previamente calculada (P_n) transmitida por el tambor motriz y la velocidad de translación de la cinta "V":

$$F_t = \frac{P_n \times 1000}{V}$$

Las expresiones anteriores sirven para calcular las tensiones de la banda cuando la cinta trabaja en el régimen estacionario, es decir, cuando la cinta ya ha alcanzado un régimen de velocidad constante.

Sin embargo, durante el tiempo que dura el arranque del motor, los niveles de tensiones que se alcanzan son sensiblemente superiores a los valores cuando la cinta ya funciona en régimen estacionario, por lo que es conveniente conocer estos niveles máximos de tensiones para evitar que se produzcan daños en la banda.

En general, se considera que el arranque de cualquier máquina es el periodo que transcurre por el cual se pasa de un estado de reposo inicial a un estado final estacionario con una velocidad de funcionamiento constante.

En el momento del arranque de la banda, es necesario aplicar un incremento de fuerza adicional respecto al estado estacionario para así poder acelerar desde su estado inicial en reposo a todas las masas que constituyen el sistema de la cinta, esto es, la masa del material a transportar, la banda, los rodillos, los tambores y demás elementos auxiliares. Esta aceleración que se le aplica al sistema deberá ser suficiente para vencer el par resistente inicial, pero debe mantenerse por debajo de un cierto valor para evitar que patine la banda.

Como buena práctica se considera que esta fuerza tangencial máxima en el arranque no deberá ser mayor de 1,6 veces el valor de la fuerza tangencial alcanzada en el estado estacionario.

Por lo tanto, se puede obtener la fuerza tangencial en el arranque (F_{ta}) incrementando el valor de la fuerza tangencial del régimen estacionario, según la siguiente expresión:

$$F_{ta} = F_t \times 1.6$$

Esta fuerza tangencial máxima no estacionaria (F_{ta}) será aplicada sólo durante un determinado periodo de tiempo, justo lo que dure el periodo de arranque del motor de la cinta.

Para el cálculo de las tensiones T_1 y T_2 en los periodos de arranque del motor, se debe estimar un valor mayor del coeficiente de fricción (μ_a) que evite el deslizamiento de la banda sobre el tambor en los primeros momentos de arranque del motor, ya que en el arranque las tensiones que se transmiten se incrementan. Este incremento del coeficiente de fricción se puede estimar como:

$$\mu\alpha = \mu + 0.05$$

Tensiones en la banda				
Ft	Fuerza Tangencial	4091	N	Ft=Pt*1000/V
Fta	Fuerza tangencial en el arranque	6545	N	Fta=Ft*1,6
α	Ángulo de abrace tambor motriz	200		
μ	Coefficiente de fricción banda	0,40		
$\mu\alpha$	Coefficiente de fricción banda corregido	0,45		$\mu\alpha=\mu+0,05$
T1	Tensión del tramo tenso en arranque	7913	N	T1 = Fta + T2 y ec Euler
T2	Tensión del tramo flojo en arranque	1368	N	

Tabla 7.40. – Tensiones en la Banda

Fuerza, par torsor y RPM del tambor motriz

La velocidad de giro en RPM viene dada por:

$$nT = \frac{V \times 60}{\pi \times Dpm}$$

La fuerza ejercida sobre el tambor en el arranque será:

$$Ftm = T1 + T2$$

El par torsor en el arranque puede calcularse como:

$$Mtm = \frac{Ftm \times Dpm}{2}$$

Potencia par motor y velocidad de giro				
Denominación	Parámetro	Valor	Unidad	Observación
nT	Velocidad del tambor motriz	18	RPM	$nT=60* V/(\pi *Dt)$
Ftm	Fuerza del tambor motriz en arranque	8287	N	Ftm= T1+T2
Mtm	Par torsor del tambor motriz en arranque	1326	N.m	Mtm=Ftm*Dpm/2

Tabla 7.41. – Potencia, Par Motor y Velocidad de Giro

Longitud de transición

La longitud de transición corresponde a la distancia mínima que debe haber entre las poleas y la banda en disposición de artesa, ya que al estar bajo tensión la variación de artesa horizontal requiere de cierta zona de transición.

Según las recomendaciones de la norma esta longitud, para una disposición en artesa y banda de alma textil de nylon, debe ser como mínimo de 0.6 veces el ancho de la banda.

Longitud de transición				
Denominación	Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Ltm	Longitud de transición mínima	0,24	m	Lt=0,6*B
Lt	Longitud de transición adoptada	0,3	m	

Tabla 7.42. – Longitud de Transición

Una vez calculada esta longitud de transición y sumándola a la longitud de la cinta podemos determinar que la longitud total de la banda será de 53.03m, así podemos identificar su especificación final.

Lemafer Ny-Ny 250/2 3/2 X 400mm X 53.03m

Cálculo y selección de rodillos

El fabricante Rotrans proporciona la siguiente fórmula para la selección de los rodillos a través del cálculo de la carga sobre un rodillo:

$$Kr = R + L1 \times \left(Gg + \frac{Q}{3,6V} \right) Fc \times Fi \times Fv$$

Donde:

R	Peso de las partes rodantes	Kg
Gg	Peso de la banda	Kg/m
Q	Capacidad de transporte masico	Ton/h
V	Velocidad de la banda	m/s
Fc	Factor de Carga artesa a 20	
Fi	Factor de impacto	

Distancia entre estaciones superiores e inferiores (L1)

Tabla A

ANCHO DE BANDA (mm)	SUPERIORES		INFERIORES
	& = 0,6	& 0,6	
400	1,35	1,35	3,00
500	1,35	1,20	3,00
650	1,20	1,10	3,00
800	1,20	1,00	3,00
1000	1,00	1,00	3,00
1200	1,00	1,00	3,00
1400	1,00	1,00	3,00
1600	1,00	1,00	3,00
1800	1,00	1,00	3,00
2000 Y ^	1,00	1,00	2,40

& = PESO ESPECIFICO EN Tm/m²

Tabla 7.43. – Distancia Entre Estaciones Superiores e Inferiores, L1. Catálogo Rotrans

Factor de impacto (Fi)

Tabla D

TAMAÑO DEL MATERIAL	VELOCIDAD DE LA BANDA		
	2,5 m/s	2,5 a 4 m/s	4 a 5 m/s
100 m/m	1,000	1,000	1,000
100 a 175 m/m	1,025	1,060	1,110
175 a 300 m/m	1,075	1,140	1,280
325 a 500 m/m	1,260	1,600	2,100

Tabla 7.44. – Factor de Impacto, Fi. Catálogo Rotrans

Factor de vida (Fv)

Tabla E

HORAS DE FUNCIONAMIENTO	10.000	20.000	30.000	40.000	50.000	60.000	70.000
Factor Fv	1,445	1,145	1,000	0,907	0,843	0,792	0,753

Tabla 7.45. – Factor de vida, Fv. Catálogo Rotrans

$$Gg = B \times (1.2 \times E + PL \times NT)$$

Donde:

PL	Peso x m2 de lona aproximado	Kg/m
B	Ancho de la banda	m
E	Espesor total de banda	mm
NT	Número de telas adoptado	

Peso por m ² de cada lona (kp/m ²) PI									Tabla B2
TIPO DE LONA	EP-100	EP-125	EP-160	EP-200	EP-250	EP-315	EP-400	EP-500	EP-630
PI (kp/m ²)	1,2	1,4	1,5	1,9	2	2,2	2,6	3	3,5

Tabla 7.46. – Peso Específico por Tipo de Lona. Catálogo Rotrans

Para obtener el peso de las partes rodantes el fabricante recomienda un diámetro de rodillo según el ancho de la banda que utilizada.

Recomendación de diámetro de rodillos por ancho de banda											Tabla J
BANDA Ø Rodillo	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
63,5	x	x	x								
70		x	x	x							
76		x	x	x	x						
89		x	x	x	x						
102			x	x	x	x					
108			x	x	x	x	x				
127				x	x	x	x	x			
133				x	x	x	x	x			
152,4						x	x	x	x		
159						x	x	x	x		
193,7									x	x	x

Tabla 7.47. – Recomendación de Diámetro de Rodillos por Ancho de Banda. Catálogo Rotrans

Una vez determinado el diámetro, del catálogo seleccionamos los rodillos y obtenemos el peso de las partes rodantes de tabla.

Serie de rodillo:

En este caso haremos una primera selección del rodillo para luego verificar si este podrá soportar la carga calculada, de no verificar nos iremos a uno de mayor sección de eje y volveremos a realizar el cálculo con las especificaciones de este.

RODAMIENTO 6204 EJE Ø20												
Serie M / S-20	DIÁMETRO RODILLO (mm)	D	63,5	70	76	89	102	108	127	133	152	159
	ESPELOR DE TUBO (mm)	e	3	3	3	3	3,6	3,8	4	4	4,5	5
	CONSTANTE PESO RODILLO	T	1	1,1	1,2	1,3	1,6	1,8	2	2,2	2,4	3
	CONSTANTE PESO P. MÓVILES	T1	1	1,2	1,2	1,4	2	2,3	2,8	2,9	3,3	4

Tabla 7.48. – Primera Selección de Rodillo. Catálogo Rotrans

Rodillos superiores en artesana:



Colocación en ARTESA

BANDA	A	B	C	Peso rodillo Ø63.5	Peso partes móviles Ø63.5
300					
400	160	168	186	1,80	1,27
500	200	208	226	2,09	1,50
650	250	258	276	2,44	1,75
800	315	323	341	2,90	2,05
1000	380	388	406	3,35	2,35
1200	465	473	491	3,95	2,73
1400	530	538	556	4,41	3,02
1600	600	608	626	4,90	3,33
1800	670	678	696	5,40	3,66
2000	750	758	776	5,96	4,02

Tabla 7.49. – Colocación en Artesa. Catálogo Rotrans

Rodillos inferiores horizontales:



Colocación en HORIZONTAL

BANDA	A	B	C	Peso rodillo Ø63.5	Peso partes móviles Ø63.5
300	400	408	440	3,35	2,40
400	500	508	540	4,20	2,85
500	600	608	640	4,93	3,33
650	750	758	790	5,99	4,02
800	950	958	990	7,40	4,92
1000	1150	1158	1190	8,80	5,82
1200	1400	1408	1440	10,56	6,96
1400	1600	1608	1640	11,97	7,87
1600	1800	1808	1840	13,38	8,78
1800	2000	2008	2040	14,79	9,87
2000	2200	2208	2240	16,20	10,60

Notas

- En las tablas, los anchos de banda están expresados en milímetros y los pesos en kilogramos.
- Estas medidas son según normas. Bajo demanda es posible fabricar en cualquier longitud de tubo (máximo 2.400 mm) o eje (máximo 3.000 mm).

Observaciones

- El cálculo de los pesos, tanto de los rodillos como de las partes móviles, para otros diámetros es:
 Peso de la tabla (Rod.Ø63.5) x Constante (T ó T1).
 Ej. Peso Rod. (Ø89x160) = peso (Ø63.5x160) x T
 Peso = 1,8 x 1,3 = 2,34 Kg
- Pesos aproximados.
- Para rodillos inferiores de minería es admisible sumar 10 mm al largo normal de las entrecaras.
- NORMAS ISO 1537 // DIN 15207-22107
 UNE 58-232-92

Tabla 7.50. – Colocación en Horizontal. Catálogo Rotrans

Cálculo de rodillos superiores				
Denominación	Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Dr	Diámetro de rodillo recomendado	63,5	mm	Catalogo tabla J
R	Peso de las partes rodantes	1,27	Kg	De catálogo Serie M/S-20
C	Longitud del rodillo	186	mm	De catálogo Serie M/S-20
L1	Separación entre dos estaciones consecutivas	1,35	m	Catalogo tabla A
PL	Peso x m2 de lona EP250	2	Kg/m2	Catalogo tabla B
Gg	Peso de la banda	3,5	Kg/m	$Gg=B*(1,2*E+PL*NT)$
Q	Capacidad de transporte masico	11,10	Ton/h	$Q=Qr$
V	Velocidad de la banda	0,3	m/s	Dato de entrada

Fc	Factor de Carga artesa a 20	0,6		Catalogo tabla C
Fi	Factor de impacto	1		Catalogo tabla D
nr	Velocidad de giro del rodillo	75	rpm	Catalogo tabla I
Fv	Factor de vida del rodillo 30.000 hrs	1		Catalogo tabla E
Kr	Carga sobre rodillo de mayor esfuerzo	14,4	kg	
Ca	Capacidad de carga del rodillo seleccionado	280	kg	Catalogo tabla H

Tabla 7.51. – Cálculo de Rodillos Superiores

Cálculo de rodillos inferiores				
Denominación	Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Dr	Diámetro de rodillo recomendado	63,50	mm	Catalogo tabla J
R	Peso de las partes rodantes	2,85	Kg	De catálogo Serie M/S-20
C	Longitud del rodillo	540	mm	De catálogo Serie M/S-20
L1	Separación entre dos estaciones consecutivas	3,00	m	Catalogo tabla A
PL	Peso x m2 de lona aproximado	2,60	Kg/m	Catalogo tabla B
Gg	Peso de la banda	3,5	Kg/m	$Gg=B*(1,2*E+PL*NT)$
Q	Capacidad de transporte masico	0,00		$Q=Qr$
V	Velocidad de la banda	0,20		Dato de entrada
Fc	Factor de Carga artesa a 20	1,00		Catalogo tabla C
Fi	Factor de impacto	1,00		Catalogo tabla D
nr	Velocidad de giro del rodillo	75,00	rpm	Catalogo tabla I
Fv	Factor de vida del rodillo 30.000 hrs	1,00		Catalogo tabla E
Kr	Carga sobre rodillo de mayor esfuerzo	13,42	kg	
Ca	Capacidad de carga del rodillo	201,00	kg	Catalogo tabla H

Tabla 7.52. – Cálculo de Rodillos Inferiores

Luego de haber calculado la carga sobre el rodillo sometido al mayor esfuerzo se selecciona de la tabla H la sección del eje y el rodamiento a utilizar en función a la capacidad de carga que resisten "Ca" y las RPM a las que trabajará.

R.P.M. de los rodillos en función de la velocidad del transportador

Tabla I

VELOCIDAD BANDA M/S	DIAMETRO DEL RODILLO mm										
	63,5	70	76	89	102	108	127	133	152,4	159	193,7
0,25	75	68	63	53	47	44	38	36	31	30	25
0,50	150	136	126	107	90	88	75	72	63	60	49
0,75	225	205	189	161	141	132	113	107	94	90	74
1,00	300	273	251	214	188	176	150	143	125	120	98
1,25	376	341	314	268	235	221	188	179	157	150	123
1,50	451	409	377	322	282	265	226	215	188	180	148
1,75	526	478	440	375	329	309	263	251	219	210	172
2,00	601	546	503	429	376	353	301	287	251	240	197
2,25	676	614	566	483	423	398	338	323	282	270	222
2,50	752	682	628	536	470	442	376	359	313	300	246
2,75	827	750	691	590	517	486	414	395	345	330	271
3,00	902	819	754	643	564	530	451	430	376	360	295
3,25	977	887	817	697	611	574	489	466	407	390	320
3,50	1052	955	880	758	658	619	526	502	439	420	345
3,75	1128	1023	943	804	705	663	564	538	470	450	369
4,00	1203	1092	1005	858	752	707	602	574	501	480	394
4,25	1278	1180	1088	912	799	751	639	610	533	510	419
4,50	1354	1228	1131	965	846	795	677	646	564	540	443
4,75	1429	1296	1194	1019	893	840	714	682	595	570	468
5,00	1504	1364	1257	1073	940	884	752	718	627	600	493
5,25	1579	1433	1320	1126	987	928	790	754	658	630	517
5,50	1655	1501	1382	1180	1030	973	827	790	689	661	542
5,75	1730	1569	1445	1234	1077	1017	865	826	721	691	567
6,00	1805	1637	1508	1288	1124	1061	902	862	752	721	592

Tabla 7.53. – Velocidad de Giro de los Rodillos. Catálogo Rotrans

En este caso tomaremos una velocidad de 0.5m/s para mayor seguridad

Capacidad de carga (kg) del rodillo en función de la velocidad (r.p.m.)

Longitud en (mm) y vida de 30.000 horas **Tabla H**

Ø Eje Rodamiento	r.p.m.	30	60	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Ø 20 6.240	200												
	250	410	350										
	315	380		280									
	380		320		205	170	157	149	140	132			
	465			271							128		
	530			232	200	165	150	140	133	125			
	600			201	190	158	145	136	130	122			
	670			178	170	150	140	132	126	119			
	750				157	142	135	129	122	117			
	950						121	119	113	106			
	1150							99					
	Ø 25 6.205	200											
250		600	500										
315				400									
380			450		312								
465						260	240	220	215	192	178		
530													
600			365										
670				300									
750				284									
950					219								
1150								178					

Tabla 7.54. – Capacidad de Carga del Rodillo. Catálogo Rotrans

Como podemos observar para ambos rodillos la capacidad de carga "Ca" supera en más de 15 veces a la carga máxima sobre el rodillo, por lo cual verifica ampliamente a las condiciones solicitadas.

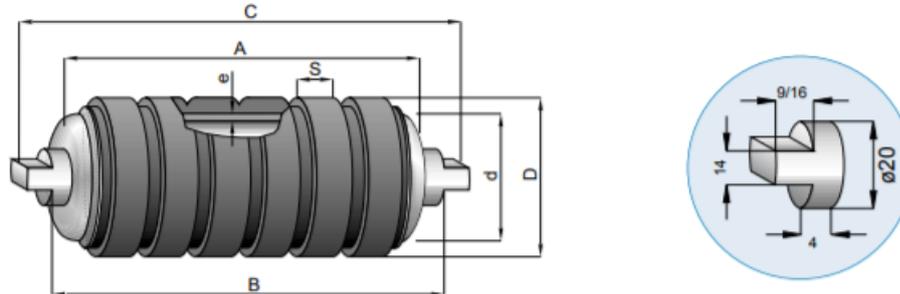
Del catálogo seleccionamos los rodillos superiores recubiertos, para el sector de carga de la cinta, con las mismas características que superiores sin recubierta seleccionados previamente.

La norma sugiera que distancia entre estaciones de rodillos de impacto sea 2.5 veces menor a la de las estaciones convencionales.

L1r	Separación entre dos estaciones consecutivas rodillos de impacto	0,54	m	$L1r=L1/2,5$
-----	--	------	---	--------------

RODAMIENTO 6204 EJE Ø20

Serie MA / SA-20	DIÁMETRO RODILLO (mm)	D	89	108	108	133	159	133	159	152	159
		d	63,5	63,5	70	76	76	89	89	108	108
	ESPESOR DE TUBO (mm)	e	3	3	3	3	3	3	3	3,8	3,8
	CONSTANTE PESO RODILLO	T	1	1,2	1,24	1,7	1,9	1,5	2	1,9	2,2
	CONSTANTE PESO P. MOVILES	T1	1	1,3	1,5	2,1	2,4	2	2,8	2,4	2,9
	ANCHO DE GOMA (mm)	S	35	35	35	35	35	35	40	40	40



Colocación en ARTESA							Colocación en "V"						
BANDA	A	B	C	N° gomas	Peso rodillo 063.5/89	Peso partes móviles	BANDA	A	B	C	N° gomas	Peso rodillo 063.5/89	Peso partes móviles
300							300	200	208	226	5	2,55	1,75
400	160	168	186	4	2,17	1,70	400	250	258	276	6	2,99	2,30
500	200	208	226	5	2,55	1,95	500	315	323	341	8	3,64	2,78
650	250	258	276	6	2,99	2,30	650	380	388	406	10	4,27	3,20
800	315	323	341	8	3,64	2,78	800	465	473	491	12	5,05	3,80
1000	380	388	406	10	4,27	3,20	1000	600	608	626	16	6,37	4,80
1200	465	473	491	12	5,05	3,80	1200	700	708	726	19	7,36	5,50
1400	530	538	556	14	5,70	4,30	1400	800	808	826	22	8,33	6,20
1600	600	608	626	16	6,37	4,80	1600	900	908	926	25	9,31	6,90
1800	670	678	696	18	7,06	5,30	1800	1000	1008	1026	28	10,30	7,70
2000	750	758	776	20	7,80	5,86	2000	1100	1108	1126	30	11,18	8,30

Tabla 7.55. – Selección de Rodillos Superiores. Catálogo Rotrans

Por último, del mismo catalogo seleccionamos los rodillos guía, que se encargan de mantener la cinta alineada.

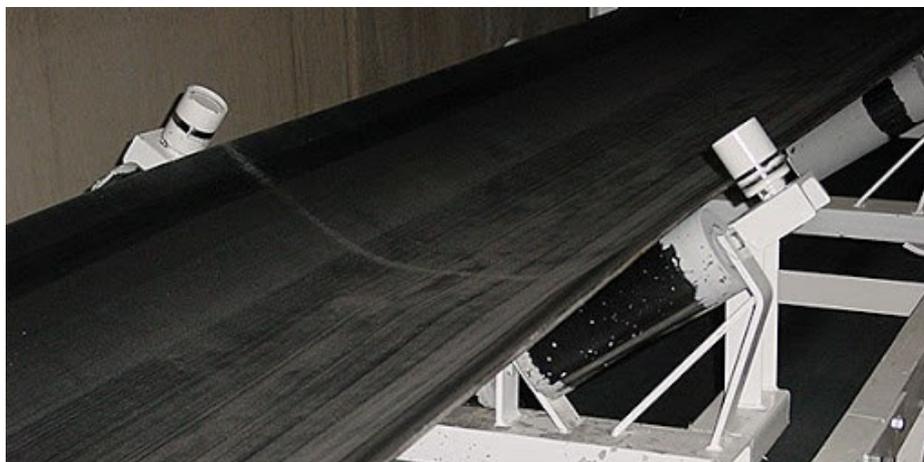
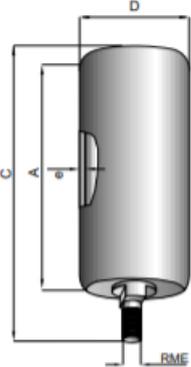


Gráfico 7.11. – Rodillos Guía

RODILLOS GUÍA





RODAMIENTO 6204 EJE Ø20

	D	e	R.M.E.	A	B	e/c
Serie MG/SG-20	Ø60	3	12	120	162	14
	Ø63,5	3	12	120	162	14
	Ø70	3	12	120	162	14
	Ø76	3	12	120	162	14
	Ø89	3	12	120	162	14

Tabla 7.56. – Rodillos Guía. Catálogo Rotrans

Finalmente determinamos la cantidad de rodillos requeridos por cada tipo

Rodillos			
Tipo	Estaciones	Cantidad rodillos	Observación
Superior	23	69	3x estación
Superior impacto	11	33	3x estación
Inferior	9	9	1x estación
Alineación	6	12	2x estación

Tabla 7.57. – Cantidad de Rodillos Requeridos

Selección de estaciones de rodillos.

Las estaciones de rodillos son las estructuras sobre las cuales van montados los diferentes rodillos y hasta algunos accesorios de la cinta.

Seleccionaremos los mismos del catálogo del fabricante Rotrans según el ancho de la banda, el ángulo de artesa y las características de los rodillos.

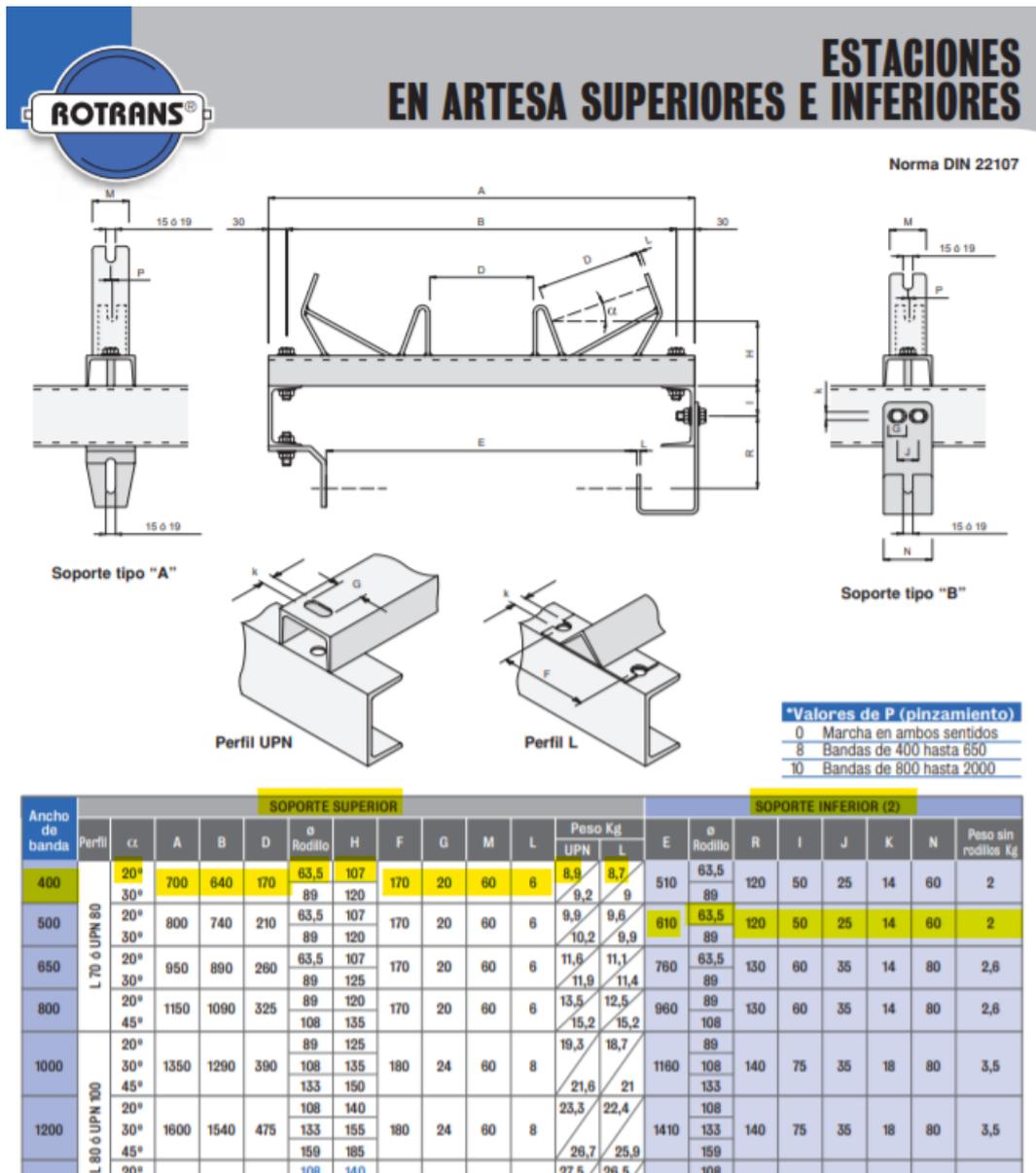


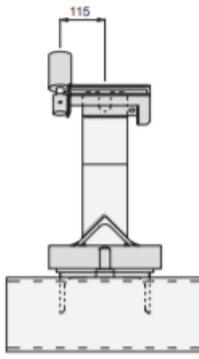
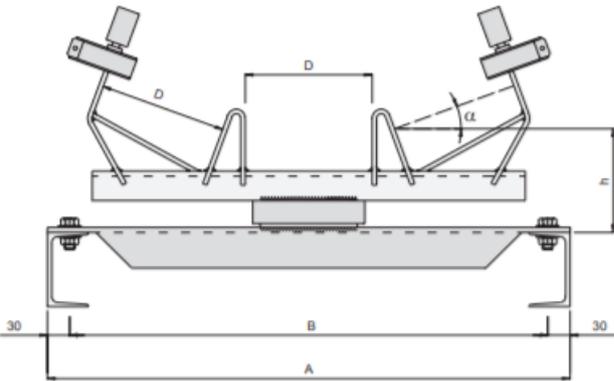
Tabla 7.58. – Estaciones en Artesa Superiores e Inferiores. Catálogo Rotrans

Las estaciones autocentrantes con freno mantienen alineada la banda y se encargan de evitar el retroceso del material junto con la ayuda del freno a disco

ESTACIONES SUPERIORES EN ARTESA AUTOCENTRANTES CON FRENO

Norma DIN 22107



*Sistema de giro principal por rodamientos cónicos y engrasador.

Ancho de banda	Perfil	α	A	B	D	Ø Rodillo	H	Peso sin rodillos Kg	
400	L 70 ó UPN 80	20°	700	640	170	63,5	125	21	
		30°				70	125		
		89				135	22,2		
500	L 70 ó UPN 80	20°	800	740	210	63,5		125	24,2
		30°				70		125	
		89				135	25,4		
650	L 80 ó UPN 100	20°	950	890	260	70		125	30,6
		30°				89		135	
		108				150	31,9		
800	L 80 ó UPN 100	20°	1150	1090	325	89		135	34,3
		30°				108		150	
		133				155	35,6		
1000	L 80 ó UPN 100	20°	1350	1290	390	89		135	38,5
		30°				108		150	
		133				155	39,8		

Tabla 7.59. – Estaciones Superiores en Artesa Autocentrantes con Freno. Catálogo Rotrans

Curva convexa vertical

Los cambios de dirección en la cinta requieren de una zona o longitud de transición debido a la rigidez y la tensión de la banda, en este proyecto la cinta poseerá de un cambio de dirección del tipo convexo luego de la subida en pendiente.

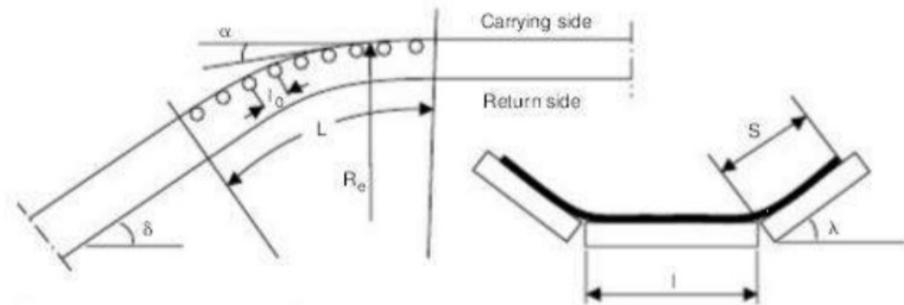


Gráfico 7.12. – Esquema Curva Convexa Vertical

Radio convexo

$$Re = x \times s \times \text{sen} (\lambda)$$

$$s = 0.5 \times (B - C)$$

Donde:

x	Factor de carcasa	
s	Porción de la banda en contacto con los rodillos	mm
λ	Angulo de artesa	grados
Re	Radio convexo	m
C	Longitud de los rodillos	m
B	Ancho de la banda	m

Número de rodillos

$$Z = \frac{\delta}{\theta}$$

Donde:

θ	Desviación por rodillo	Grados
δ	Angulo de inclinación de la cinta	Grados

--	--	--

Longitud de transición

$$L_{tc} = \frac{\pi \times Re \times \delta}{180}$$

Distancia entre estaciones de rodillos en curva convexa

$$l_c = \frac{L_{tc}}{Z}$$

Curva convexa				
Denominación	Parámetro	Valor	Unidad	Observación
x	Factor de carcasa	125		Banda textil
s	Porción de la banda en contacto con los rodillos	0,107	m	s=0,5*(B-c)
λ	Angulo de artesa	20		
Re	Radio convexo	12	m	Re=x*s*sen(λ)
Ltc	Longitud de transición convexa	2,1	m	Ltc=π*Re*δ/180
θ	Desviación por rodillo	3	Grados	Artesa a 20
Z	Numero de rodillos	7		Z=λ/θ
Lc	Distancia entre rodillos en curva	0,32	m	Lc=Ltc/Z

Tabla 7.60. – Parámetros Curva Convexa

Tripper

El tripper será el elemento de la cinta encargado de descargar el material en los silos, este posee movilidad para colocarse en la posición indicada y llenar los silos de forma eficiente y segura.



Gráfico 7.13. – Tripper

Dimensiones generales del tripper

Dimensión	Valor	Unidad
Alto	0,5	m
Largo	1,8	m
Ancho	0,6	m
Ángulo	15	grados
Diagonal	1,87	m

Cálculo de potencia requerida por el tripper

Para determinar la potencia requerida por el tripper, en primera instancia se debe calcular la resistencia a la rodadura de este a través de la siguiente formula que establece la norma.

$$Wr = \left[\frac{2QT}{D} \times \left(\mu \times \frac{d}{2} + f \right) \right] \times Cs$$

Donde:

QT	Carga total mayorada	Kgf
D	Diámetro de la rueda	cm
d	Diámetro del eje de rueda	cm
u	Coefficiente de rozamiento	
f	Brazo palanca rozamiento rodadura	
Cs	Coefficiente de seguridad	
Wr	Resistencia a la rodadura	Kgf

La carga total mayorada "QT" es la suma del peso del tripper cargado y la tensión en la banda multiplicada por dos debido a que en las condiciones de arranque y frenado del tripper estas cargas pueden ser mayores.

$$QT = (Q1 + Q2) \times 2$$

Estimación del peso del tripper "Q1":

Componente	Peso	Unidad
Estructura	800	Kgf
Motorreductor	50	Kgf
Ruedas	80	Kgf
Estaciones de rodillos	100	Kgf

Rodillos	70	Kgf
Peso material	16	Kgf
Peso banda	10	Kgf
Tambores	90	Kgf
Total	1216	Kgf

Tabla 7.61. – Estimación Peso Tripper

Potencia requerida

Una vez calculada la resistencia a la rodadura podemos obtener la potencia requerida por el tripper de la siguiente formula:

$$N = \frac{Wr \times v}{6120 \times \eta t}$$

Donde:

n	Velocidad de giro de las ruedas	RPM
v	Velocidad de traslación del tripper	m/min
ηt	Rendimiento del motorreductor tripper	
N	Potencia calculada del motor	Kw

Potencia del tripper				
Q1	Peso del Tripper	1216	Kgf	Estimación peso
Q2	Resultante tensado banda	928	Kgf	Q2=Ftm
Qt	Carga total	2144	Kgf	Qt=Q1+Q2
QT	Carga total mayorada	4288	Kgf	QT=Qt*2
D	Diámetro de la rueda	24	cm	Por diseño
d	Diámetro del eje de rueda	5	cm	Por diseño
u	Coefficiente de rozamiento	0,1		Dato de entrada
f	Brazo palanca rozamiento rodadura	0,05		Dato de entrada
Cs	Coefficiente de seguridad	1,1		Dato de entrada
Wr	Resistencia a la rodadura	117,9	Kgf	
n	Velocidad de giro de las ruedas	16	RPM	$n=60*V/(\pi *D)$
v	Velocidad de traslación del Tripper	12	m/min	Dato de entrada
ηt	Rendimiento del motoreductor Tripper	0,85		Dato de entrada
N	Potencia calculada del motor	0,27	Kw	
Ns	Potencia estandar seleccionada	0,55	Kw	Estándar motor inducción

Tabla 7.62. – Calculo de Potencia Necesaria del Tripper

Finalmente, luego de realizar el cálculo a través de Microsoft Excel definimos que el motor necesario para mover el tripper será de 0.55 Kw

Encauzador

El encauzador es el encargado de guiar el material en la carga de la cinta desde los molinos y aseguran la correcta disposición del mismo en la banda, para nuestra instalación el encauzador será cerrado para evitar un exceso de polvo en el ambiente y haciendo así más segura la carga de la cinta.



Gráfico 7.14. – Encauzador Cerrado

Dispositivos de limpieza

La cinta transportadora contará con dos rascadores, uno primario y otro secundario, colocados luego del tambor motriz, los cuales mantendrán la cinta limpia y libre de incrustaciones

El rascador primario será del modelo REMACLEAN PUR-F4 del proveedor Rematitop

Belt width (mm)	Length of polyurethane blade (mm)	Length of system support tube (mm)	Bracket width (mm)	Type of system support tube (mm)	Length of support tube (mm)
	"A"	"C"	"D"	"E"	"F"
400	300	364	105	80x60x4	1558
500	400	464	105	80x60x4	1688
650	600	694	105	80x60x4	1888
800	700	764	105	80x60x4	1988
1000	900	972	105	80x60x4	2604
1200	1100	1172	105	80x60x4	2804
1400	1300	1372	105	80x60x4	3004

Tabla 7.63. – Selección Dispositivos de Limpieza. Catálogo Rematitop



Gráfico 7.15. – Dispositivo de Limpieza. Catálogo Rematitop

El rascador secundario será el modelo REMACLEAN CAB también del proveedor Rematitop

Producto	Dureza [± 5 Shore A]	Abrasión [mm ²]	Presentación: rollos de 10 m
REMACLEAN CAB verde	70 / 54 / 70	90 / 110 / 90	Espesor: 15/20/25/30/40/50 mm Ancho: 100/120/150/200/250/2000 mm
REMACLEAN CAB gris	82 / 50 / 82	140 / 130 / 140	Espesor: 15/20/25/30/40/50 mm Ancho: 100/120/150/200/250/2000 mm
REMACLEAN CAB V*	75 / 62 / 75	120 / 130 / 120	Espesor: 15/20/25/30/40/50 mm Ancho: 100/120/150/200/250/2000 mm

Tabla 7.64. – Selección Rascador Secundario. Catálogo Rematitop

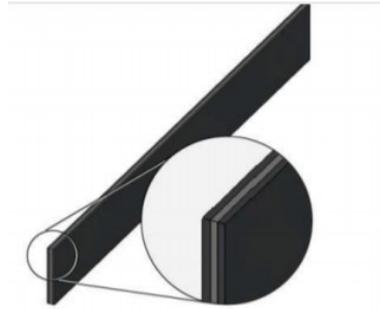


Gráfico 7.16. – Rascador Secundario. Catálogo Rematitop

Sistema de Freno

El mecanismo más utilizado para detener las bandas transportadoras es el freno a disco hidráulico del tipo USB, en este caso utilizaremos uno del fabricante SIBRE con un torque de freno de hasta 270 Nm



Gráfico 7.17. – Sistema de Freno. Catálogo SIBRE

weight w/o thruster: ~56kg				EMG-thruster Type								
				EB 120-40 ED12/4			EB 220-50 ED23/5			EB 300-50 ED30/5		
braking torque M_{Br} in Nm at $\mu=0,35$; adjustable from / to												
D2	D1	D3	R1	F=110	C=190	T=240	F=162	C=240	T=283	F=160	C=215	T=270
250	200	75	61	30 / 110			100 / 210			100 / 300		
280	230	105	76	30 / 125			130 / 240			130 / 350		
315	260	140	93	40 / 140			150 / 270			150 / 400		
355	300	180	113	40 / 160			180 / 310			180 / 460		
400	345	220	135	50 / 190			210 / 360			210 / 530		

Tabla 7.65. – Selección Sistema de Freno. Catálogo SIBRE

Selección de Motorreductores

Para la mejora de proceso se necesitan 3 tipos distintos de motorreductores. El primero de ellos se utiliza para mover la cinta transportadora, el segundo para mover el carro del tripper, y finalmente el último tipo se utilizará para alimentar los 6 tornillos dosificadores de la instalación.

Principalmente por la ubicación de los mismos y por la falta de espacio se optó por utilizar motorreductores para alimentar los sistemas con las velocidades requeridas por cada uno de ellos.

A continuación, se muestra el proceso de selección para cada tipo de motorreductor

Motorreductor – Cinta transportadora

Por las condiciones de la instalación se opta por un motorreductor ortogonal Cyclo BBB4 y se sigue el método de selección provisto por el fabricante.



Gráfico 7.18. – Motorreductor Cinta Transportadora. Catálogo Sumitomo Drive Technologies

Paso 1 – Recopilación de Información del sistema

- Cantidad: 1
- Aplicación: cinta transportadora
- Horas de operación por día: 2,4
- Potencia del motor: 2,2KW
- Velocidad necesaria según cálculo: 18 RPM

Paso 2 – Posición de Montaje

El motorreductor estará colocado sobre la misma estructura que la cinta. La posición según el catálogo del fabricante se detalla de la siguiente manera:

Y1

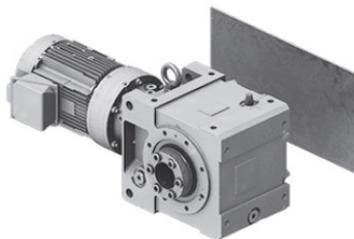


Gráfico 7.19. – Posición de Montaje Motorreductor Cinta Transportadora. Catálogo Sumitomo Drive Technologies

Paso 3 – Bastidor

Se determina la solicitud del motorreductor a partir de la aplicación para la cual se empleará. A partir de tablas provistas por el mismo catálogo, para aplicaciones de cintas se determina la clasificación “clase II”.

Application	Class	
	Up to 10 Hr. Per Day	24 Hr. Per Day
Conveyors – Heavy Duty Not Uniformly Fed		
Apron	II	II
Assembly	II	II
Belt	II	II
Bucket	II	II
Chain	II	II
Flight	II	II
Live Roll (Package)	I	II
Oven	II	II
Reciprocating	III	III
Screw	II	II
Shaker	III	III

Tabla 7.66. – Solicitud Motorreductor Cinta Transportadora. Catálogo Sumitomo Drive Technologies

Siguiendo, considerando la potencia del motor y las RPM requeridas se busca el bastidor necesario en las tablas provistas por el catálogo. Para este caso se muestra el resultado obtenido.

Standard Mounting Selection Tables

**3 HP
(2.2 kW)**

Standard Mounting Positions:						Dimension Pages:		Frequency	
Y1	Y2	Y3	Y4 ^[1]	Y5	Y6	Single Reduction	2.141-2.152	50 Hz	60 Hz
						Single Reduction, Y2 <td>2.153 <td>1450 RPM</td> <td>1750 RPM</td> </td>	2.153 <td>1450 RPM</td> <td>1750 RPM</td>	1450 RPM	1750 RPM
						Double Reduction	2.155-2.170	4	
						Double Reduction, Y2	2.171		

50Hz				60 Hz				Selection					
Output Speed (RPM)	Output Torque in-lbs (N·m)	Service Factor		Solid Shaft Overhung Load		Output Speed (RPM)	Output Torque in-lbs (N·m)	Service Factor		Base		VFD ^[2]	
		SF	AGMA Class	lbs (N)	(N)			SF	AGMA Class	Motor Power Code	Frame Size		Ratio
18.1	9460 (1070)	0.87	-	4310 (19200)		21.9	7840 (886)	0.87	-	4960 (22100)	3	4A110	80
		1.01	I	4310 (19200)				1.01	I	4960 (22100)	3	4A115	80
		1.21	I	4310 (19200)				1.21	I	4960 (22100)	3	4A120	80
		1.40	II	9140 (40600)				1.40	II	8750 (38900)	3	4B120	80
		1.80	II	9140 (40600)				1.80	II	8750 (38900)	3	4B125	80
		2.40	III	9140 (40600)				2.40	III	8750 (38900)	3	4B140	80

Tabla 7.67. – Bastidor Motorreductor Cinta Transportadora. Catálogo Sumitomo Drive Technologies

Paso 4 – Verificación dimensiones

Con el tamaño de bastidor ya definido se verifica que las dimensiones del mismo se adapten al sistema.

Paso 5 – Alojamiento de salida del reductor

Se selecciona un agujero con chaveta para la salida del reductor.

Paso 6 – Opciones extra

En este caso no se requieren las demás opciones provistas por el catálogo.

Paso 7 – Configuración del Número de Modelo

En primer lugar, se muestra un ejemplo provisto en el catálogo para comprender la numeración empleada.

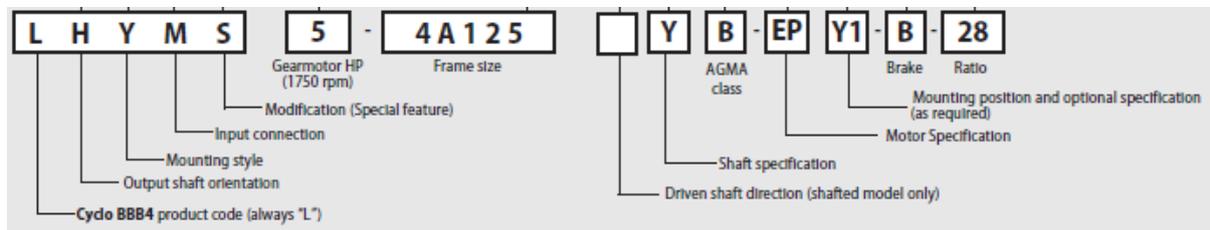


Gráfico 7.20. – Ejemplo Configuración del Número de Modelo. Catálogo Sumitomo Drive Technologies

En el caso del motor seleccionado se tiene el siguiente número de modelo:

LHYM 3 – 4B120 KB – EPY1 B – 80

Motorreductor – Tripper

Para este motorreductor se tiene una condición similar a la de la cinta, pero con una potencia considerablemente menor, de todas maneras, se opta también por un motorreductor ortogonal Cyclo BBB4 y se sigue el método de selección provisto por el fabricante.



Gráfico 7.21. – Motorreductor Tripper. Catálogo Sumitomo Drive Technologies

Paso 1 – Recopilación de Información del sistema

- Cantidad: 1
- Aplicación: tripper (carro)
- Horas de operación por día: 0,5
- Potencia del motor: 0,4KW
- Velocidad necesaria según cálculo: 16 RPM

Paso 2 – Posición de Montaje

El motorreductor estará colocado sobre la misma estructura que el resto del tripper, el cual a su vez se desplaza sobre la estructura de la cinta transportadora. La posición según el catálogo del fabricante se detalla de la siguiente manera:

Y1

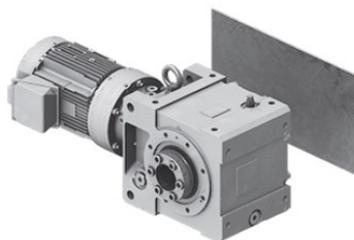


Gráfico 7.22. – Posición Motorreductor Tripper. Catálogo Sumitomo Drive Technologies

Paso 3 – Bastidor

Se determina la solicitud del motorreductor a partir de la aplicación para la cual se empleará. A partir de tablas provistas por el mismo catálogo, para aplicaciones de cintas se determina la clasificación “clase II”.

Conveyors – Heavy Duty Not Uniformly Fed	Class I	Class II
Apron		
Assembly		
Belt		
Bucket		
Chain		
Flight		
Live Roll (Package)		
Oven		
Reciprocating		
Screw		
Shaker		

Conveyors – Heavy Duty Not Uniformly Fed	Class I	Class II
Apron		
Assembly		
Belt		
Bucket		
Chain		
Flight		
Live Roll (Package)		
Oven		
Reciprocating		
Screw		
Shaker		

Tabla 7.68. – Solicitación Motorreductor Tripper. Catálogo Sumitomo Drive Technologies

Siguiendo, considerando la potencia del motor y las RPM requeridas se busca el bastidor necesario en las tablas provistas por el catálogo. Para este caso se muestra el resultado obtenido.

Standard Mounting Selection Tables

3/4 HP
(0.55 kW)

Standard Mounting Positions:						Dimension Pages:		Frequency	50 Hz	60 Hz
Y1	Y2	Y3	Y4 ^[1]	Y5	Y6	Single Reduction	2.141-2.152	50 Hz	60 Hz	
						Single Reduction, Y2	2.153	Input Speed	1450 RPM	1750 RPM
						Double Reduction	2.155-2.170	Number of Poles	4	
						Double Reduction, Y2	2.171			

50Hz					60 Hz					Selection			
Output Speed (RPM)	Output Torque in-lbs (N·m)	Service Factor		Solid Shaft Overhung Load lbs (N)	Output Speed (RPM)	Output Torque in-lbs (N·m)	Service Factor		Solid Shaft Overhung Load lbs (N)	Base			
		SF	AGMA Class				SF	AGMA Class		Motor Power Code	Frame Size	Ratio	VFD ^[2]
16.6	2590 (292)	2.31	III	6030 (26800)	20.0	2140 (242)	2.31	III	6070 (27000)	08	4A100	88	(a)

Tabla 7.69. – Bastidor Motorreductor Tripper. Catálogo Sumitomo Drive Technologies

Paso 4 – Verificación dimensiones

Con el tamaño de bastidor ya definido se verifica que las dimensiones del mismo se adapten al sistema.

Paso 5 – Alojamiento de salida del reductor

Se selecciona un agujero con chaveta para la salida del reductor.

Paso 6 – Opciones extra

En este caso no se requieren las demás opciones provistas por el catálogo.

Paso 7 – Configuración del Número de Modelo

En el caso del motor seleccionado se tiene el siguiente número de modelo:

LHYM 08 – 4A100 KB – AVY1 B – 88

Motorreductor – Tornillos dosificadores

A diferencia de los motorreductores seleccionados anteriormente para este caso se opta por un motorreductor lineal Cyclo 6000 ya que nos permite colocarlos íntegramente debajo de cada silo sin tener interferencias con los silos adyacentes. De manera similar a los anteriores casos se utiliza el método de selección provisto por el fabricante.



Gráfico 7.23. – Motorreductor Tornillos Dosificadores. Catálogo Sumitomo Drive Technologies

Paso 1 – Recopilación de Información del sistema

- Cantidad: 6
- Aplicación: Dosificación con tornillo transportador
- Horas de operación por día: 1
- Potencia del motor: 0,75KW
- Velocidad necesaria según cálculo: 45 RPM

Paso 2 – Bastidor

Se determina la solicitud del motorreductor a partir de la aplicación para la cual se empleará. A partir de tablas provistas por el mismo catálogo, para aplicaciones de tornillos transportadores se determina la clasificación “clase II”.

Input Side Hollow Shaft

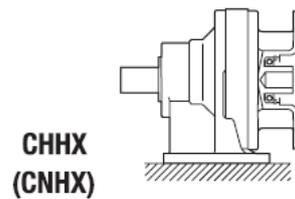


Gráfico 7.24. – Alojamiento y Posición de Montaje Motorreductor Tornillos Dosificadores. Catálogo Sumitomo Drive Technologies

Paso 4 – Verificación de dimensiones

Con el tamaño de bastidor ya definido se verifica que las dimensiones del mismo se adapten al sistema.

Paso 6 – Opciones extra

En este caso no se requieren las demás opciones provistas por el catálogo.

Paso 7 – Configuración del Número de Modelo

En primer lugar, se muestra un ejemplo provisto en el catálogo para comprender la numeración empleada.

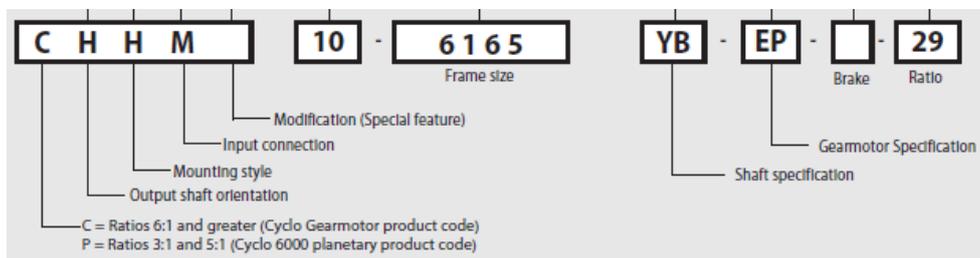


Gráfico 7.25. – Ejemplo Configuración del Número de Modelo. Catálogo Sumitomo Drive Technologies

En el caso del motor seleccionado se tiene el siguiente número de modelo:

CHHM1 – 6100 YB – EP B – 35

Selección de Acoplamientos

Para vincular los motorreductores con los tornillos dosificadores se utilizará un acople Semi Elástico Universal Serie “T” Estrella de Nitrilo como el que se muestra en la siguiente imagen.



Gráfico 7.26. – Acople Semi Elástico Universal Serie “T” Estrella de Nitrilo

A continuación, se muestra el método utilizado para seleccionar el acoplamiento proporcionado por el fabricante.

Tomando la potencia (N) en KW se aplica la siguiente fórmula para calcular el Momento Torsor en Kgm:

$$M_t = \frac{974 \cdot N \cdot S}{n}$$

Siendo:

- M_t : Momento Torsor en Kgm
- N : Potencia transmitida en KW
- S : Factor de Servicio
- n : Revoluciones por minuto (rpm)

S = Factor de servicio
S₁ = Motor Eléctrico
S₂ = Turbina
S₃ = Motor a nafta ó diesel

Tabla 7.71. – Factor de Servicio Acoplamiento, Fuente

A	MAQUINAS CON CONSUMO DE FUERZA UNIFORME	Cintas transportadoras, aparejos livianos, aspiradores pequeños, bombas centrífugas pequeñas, servo motores, ascensores livianos, maquinaria textil, transmisiones, cangilones, ventiladores o aspiradores, máquinas herramientas afiladoras, máquinas livianas en general, turbo compresor.	$S_1 = 1$ $S_2 = 1,3$ $S_3 = 1,5$
B	MAQUINAS MEDIANAS Y SEMIPESADAS (Pico de carga hasta 125 % de H.P.)	Hornos rotativos, agitadores, amasadora guillotina, embrague, telares, elevador, montacargas, bomba de pistón, cinta transportadora, molinos a rodillo, zaranda, secador, mezcladoras para pulpa, convertidores de corriente.	$S_1 = 1,5$ $S_2 = 1,8$ $S_3 = 2$
C	MAQUINAS PESADAS CON CONSUMO DE FUERZA IRREGULAR (Pico de carga hasta 150 % de H.P.) MAQUINAS DE FUNCIONAMIENTO RIGUROSO	excavadoras, laminadora, motobombas a pistón, calandra para caucho, trituradoras, trafiladoras, bombas de pistón, molinos de cemento, aparejos pesados, perforadoras de pozos, bombas para prensas hidráulicas, cilindros de laminación, grupos electrógenos, molinos a martillo, bombas a pistón de doble efecto, prensas excéntricas, trapiche, maquinarias de construcción.	$S_1 = 2$ $S_2 = 2,5$ $S_3 = 3$

Tabla 7.72. – Factor de Servicio Acoplamiento, Servicio

Al tratarse de un Motor eléctrico y cómo la sollicitación no es elevada se considera un Factor de Servicio $S=1$. Además de esto se utilizan los valores del apartado anterior de selección de motorreductores, se tiene una potencia $N= 0,75$ KW y una velocidad $n= 45$ rpm.

De esta manera se calcula el Momento Torsor:

$$M_t = \frac{974 \cdot N \cdot S}{n}$$

$$M_t = \frac{974 \cdot 0,75 \text{ KW} \cdot 1}{45 \text{ rpm}}$$

$$M_t = 16,3 \text{ Kgm}$$

El resultado obtenido se busca en la siguiente Tabla para determinar el Modelo de la Serie “T”.

Momento en Kgm. Par máximo				TABLA N° 2			
01	02	03	04	05	06	07	08
*	Desde 3,20	Desde ** 9,54	Desde 21,50	Desde 54,20	Desde 95,40	Desde 242	Desde 730
Hasta 3,20	Hasta 9,54	Hasta 21,50	Hasta 54,20	Hasta 95,40	Hasta 242	Hasta 730	Hasta 1460

Tabla 7.73. – Modelo de Acoplamiento según Momento Torsor máximo

Como se puede ver corresponde aplicar un acoplamiento Serie “T” Modelo 03. El siguiente paso es utilizar la siguiente Tabla para terminar de determinar el modelo a partir de las dimensiones necesarias.

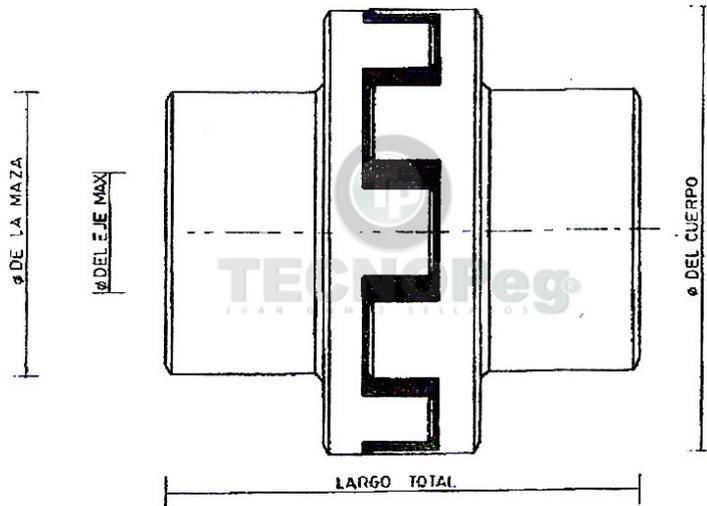


Gráfico 7.27. – Dimensiones Acople

TABLA N° 3 DIMENSIONES	01A	01B	02A	02B	03A	03B	04A	04B	05A	05B	06A	06B	07A	07B	08A
Ø DEL EJE MAXIMO	20	30	35	45	40	65	50	75	85	110	100	140	140	170	200
Ø DE LA MASA	40	55	60	80	70	95	90	130	140	180	180	240	240	280	280
Ø DEL CUERPO	60	60	85	85	110	110	140	140	195	195	250	250	300	300	350
LARGO TOTAL	60	60	100	100	110	120	145	150	200	200	220	220	280	280	350
∠ DE FLEXION EN GRADOS NORMALES	3	2	2	2	1	1	1	1	1	--	--	--	--	--	--
R.P.M. MAXIMO	6000	6000	5000	5000	4000	4000	3500	3500	2500	2500	2000	2000	1500	1500	1500
PESO EN KG.	1	1,8	3	4	3	6	8	16	25	35	50	65	75	95	115

Tabla 7.74. – Dimensiones Acople

A partir de lo determinado en el apartado de Cálculo y Selección de Tornillos se tiene un diámetro del árbol del tornillo de 2,5” equivalente a 63,5mm. Con esta dimensión se entra a la tabla y se determina que el Modelo a utilizar será el 03B ya que nos permite un diámetro de eje máximo de 65mm.

Además se Determinan las siguientes características:

- $\varnothing_{DEL EJE MAXIMO} = 65mm$

- $\varnothing_{DE\ LA\ MASA} = 95mm$
- $\varnothing_{DEL\ CUERPO} = 110mm$
- *Largo Total* = 120mm
- *Peso* = 6 kg



Gráfico 7.28. – Acople Serie “T”

MODELO	D I M E N S I O N E S			POTENCIA TRANSMITIDA EN HP		
	diámetro EJE MAXIMO	diámetro DE MAZA	diámetro MAX. ACOPLA	500 r.p.m.	1.500 r.p.m.	3.000 r.p.m.
01	20	40	60	1	3	6
01-B	30	55	60	1	3	6
02	35	60	85	4	10	20
02-B	45	80	85	4	10	20
03	40	70	110	7	20	41
03-B	60	95	110	7	20	41
04	50	85	140	20	52	105
04-B	75	130	140	20	52	105
05	85	140	195	32	98	196
05-B	110	180	195	32	98	196

Tabla 7.75. – Dimensiones y Potencia Transmitida

En conclusión, cumpliendo con todos los requerimientos del sistema, para los acoplamientos de los 6 Tornillos dosificadores con sus respectivos motorreductores se utilizarán **Acoples Semi Elásticos Universales Serie “T” Estrella de Nitrilo Modelo 03-B**.

Silos de almacenaje

Para el almacenaje y posterior dosificación del material se deben fabricar 6 silos que contarán con las siguientes características:

- Capacidad de almacenaje de 2.5 toneladas
- Sistema de pesaje para el control del material
- Tolva de carga en la tapa superior para el ingreso de material
- Tolva de descarga en la base superior para el ingreso del material al tornillo

A continuación, se presenta un esquema del silo, identificando las partes involucradas en el cálculo:

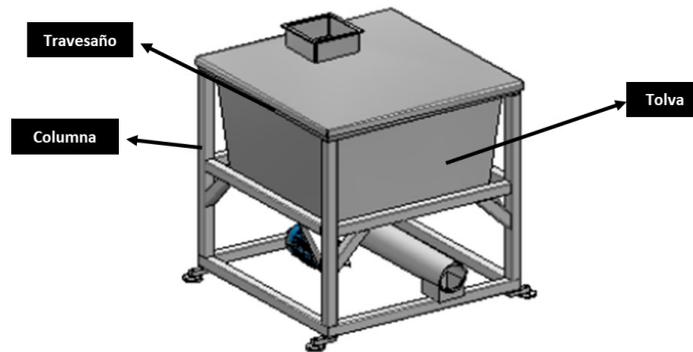


Gráfico 7.29. – Esquema Silo

Cálculo del silo

Para el diseño del silo se siguen los lineamientos técnicos propuestos por el Instituto técnico de la estructura en acero, en su tomo n° 19, y el Eurocódigo UNE-EN 1991-1-2:2019.

Cálculo de la tolva del silo:

Los primeros pasos se definen clasificando una serie de características de nuestro silo, como se ve a continuación.

Geometría:

En cuanto a la geometría, se opta por un silo cuadrado con tolva piramidal.

Patrón de flujo:

Por las características de diseño adoptadas, se establece un flujo de masa.

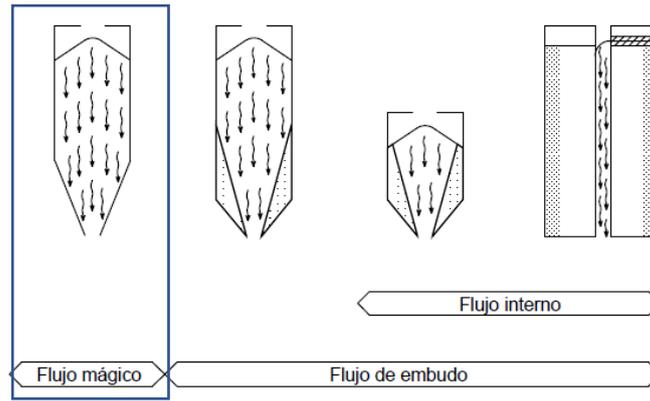


Gráfico 7.30. – Patrón de Flujo del Material

Caracterización del material:

Nuestro material a almacenar es arcilla calcinada, y en función de sus propiedades, determinamos parámetros de diseño en función de la siguiente tabla:

Nuestra densidad $\gamma = 16 \text{KN/m}^3$. Similar a la arena seca.

Material	Densidad γ kN/m^3	Relación de presiones $K_{s,m}$	Coefficiente de rozamiento μ_m acero	Coefficiente de rozamiento μ_m hormigón	Coefficiente de mayoración de la carga C_0
Cebada	8,5	0,55	0,35	0,45	1,35
Cemento	16	0,50	0,40	0,50	1,40
Clínker cemento	18	0,45	0,45	0,55	1,40
Arena seca	16	0,45	0,40	0,50	1,40
Harina	7	0,40	0,30	0,40	1,45
Cenizas volantes	14	0,45	0,45	0,55	1,45
Maíz	8,5	0,50	0,30	0,40	1,40
Azúcar	9,5	0,50	0,45	0,55	1,40
Trigo	9	0,55	0,30	0,40	1,30
Carbón	10	0,50	0,45	0,55	1,45

Tabla 7.76. – Características de los Materiales Ensilados. Eurocódigo 1, parte 4

Obtenemos:

- Relación de presiones $K_s = 0.45$
- Coeficiente de rozamiento con acero $\mu = 0.40$

Material de tolva:

- Acero ASTM A36
- $\sigma_f = 240 \text{ Mpa}$
- $E = 210 \text{ KN/mm}^2$

Clase:

Según el sistema BMHB nuestro silo clasifica como Clase 1 (silo pequeño con capacidad menor a 100 Ton [menor a 1000 KN]). Nuestro silo tiene capacidad para 3.5 Ton.

$$\text{Capacidad} = \text{Vol} * \gamma = 1.56 \text{ m}^3 * 16 \text{ KN/m}^3 = 25 \text{ KN}$$

Cálculo de presiones:

Debido al almacenamiento del material y al flujo de este durante la descarga, se identifican 2 presiones que actúan sobre la estructura del silo. Estas son:

- Presión horizontal
- Presión vertical
- Presión debida a la fricción de descarga

Se utiliza la ec. Diferencial de Janssen. Mediante su resolución obtenemos:

$$p_v = \frac{\gamma A}{U \mu K_s} \left[1 - e^{\left(-z K_s \frac{\mu U}{A} \right)} \right]$$

$$p_h = K_s p_v$$

$$p_w = \mu p_h$$

Pv= presión vertical

γ densidad del material ensilado

A área de la sección transversal de la pared vertical

Ph= presión horizontal

U perímetro interior del silo

μ coeficiente de rozamiento sobre las paredes para el cálculo de la presión

Pw= Presión por fricción

K_s relación entre las presiones horizontal y vertical

z altura medida por debajo del nivel equivalente

$$p_v = \frac{16 \text{ KN/m}^3 * 1.75 \text{ m}^2}{0.45 * 0.4 * 5.25} * \left[1 - e^{\left(-0.96 * 0.45 * \frac{0.4 * 5.25}{1.75} \right)} \right] = 11,98 \text{ KN/m}^2$$

$$p_h = 0.45 * 11.98 \text{ KN/m}^2 = 5.39 \text{ KN/m}^2$$

$$p_w = 0.4 * 5.39 \text{ KN/m}^2 = 2.15 \text{ KN/m}^2$$

Cargas debido a la descarga:

Las presiones debidas a la descarga se componen de una carga fija y una carga libre denominada carga específica.

Carga fija:

Presión horizontal:

$$p_{he} = Ch * p_h \quad \text{donde } Ch = \text{coef. amplificador de carga} = 1.3$$

$$p_{he} = 1.3 * 5.9 \text{ KN/m}^2 = 7.67 \text{ KN/m}^2$$

Presión debido al rozamiento:

$$p_{we} = C_w * p_w \quad \text{donde } C_w \text{ coef. amplificador por presión contra paredes} = 1.1$$

$$p_{we} = 1.1 * 2.15 \text{ KN/m}^2 = 2.36 \text{ KN/m}^2$$

Cálculo espesor de pared:

Fuerza de tracción periférica por unidad de longitud = th

$$th = \gamma_Q * p_{we} * l/2$$

γ_Q = factor de seguridad según Eurocódigo 1, parte 2

$$th = 1.5 * 2.36 \text{ KN/m}^2 * \frac{1.4}{2} \text{ m} = 2.4 \text{ KN/m} = 2.4 \text{ N/mm}$$

$$t = \text{espesor} = \frac{th}{\sigma_f} = \frac{2.4}{240} = 0.01 \text{ mm}$$

Como se observa, por la baja capacidad del silo, se especifica un espesor de chapa muy bajo. Se utiliza el espesor comercial de 3mm.

Cálculo de estructura portante:

Cálculo travesaño:

Se selecciona un perfil cuadrado 70x70x3.

Material de travesaño:

- SAE 1010
- $\sigma_{adm} = 1200 \text{ kg/cm}^2$
- $E = 210 \text{ KN/mm}^2$

Dimensiones		Peso p (kg/m)	Sección A (cm²)	EJE X				Inercia a la torsión IT (cm4)
H x B (mm)	e (mm)			Momento de Inercia Ix (cm⁴)	Módulo resistente Wx (cm³)	Módulo de plasticidad Sx (cm³)	Radio de giro ix (cm)	
50 x 50	2,5	3,54	4,51	17,9	7,16	8,47	1,99	26,8
	3,0	4,22	5,37	20,8	8,34	9,95	1,97	31,1
	4,0	5,52	7,03	26,2	10,46	12,73	1,93	38,9
	5,0	6,78	8,64	30,8	12,30	15,25	1,89	45,6
60 x 60	2,0	3,60	4,58	26,0	8,68	10,10	2,38	39,0
	3,0	5,32	6,78	37,1	12,38	14,63	2,34	55,6
	4,0	7,00	8,92	47,1	15,69	18,85	2,30	70,2
	5,0	8,63	10,99	55,9	18,64	22,75	2,26	83,2
70 x 70	2,0	4,34	5,53	42,0	11,99	13,88	2,76	62,9
	3,0	6,43	8,20	60,3	17,22	20,21	2,71	90,2
	4,0	8,48	10,80	76,9	21,98	26,17	2,67	115,0
	5,0	10,48	13,35	92,1	26,31	31,75	2,63	137,3

Tabla 7.77. – Perfil Cuadrado SAE 1010

El mismo se verifica por el software inventor estableciendo las siguientes hipótesis:

- Apoyos en extremos empotrados
- Se considera el peso del perfil
- El peso total del silo es de 2.5 Ton. Consideramos que cada travesaño soporta un $\frac{1}{4}$ de la carga total, pero para diseño se considera el valor de $\frac{1}{2}$ de la carga, es decir, 1.25 Ton (1250 kg).
- Características de software: Inventor. Proveedor: Autodesk. Versión 2018.

Nuestro material posee un σ_{adm} del hierro (1200 kg/cm^2), aplicando un F_s de 2. Se opta este F_s para considerar el impacto de los materiales al ser cargados en la tolva.

Considerando una carga distribuida de 0.11 Mpa [1.12 Kg/cm^2] (Son 1250 Kg en un área de 1050 cm^2).

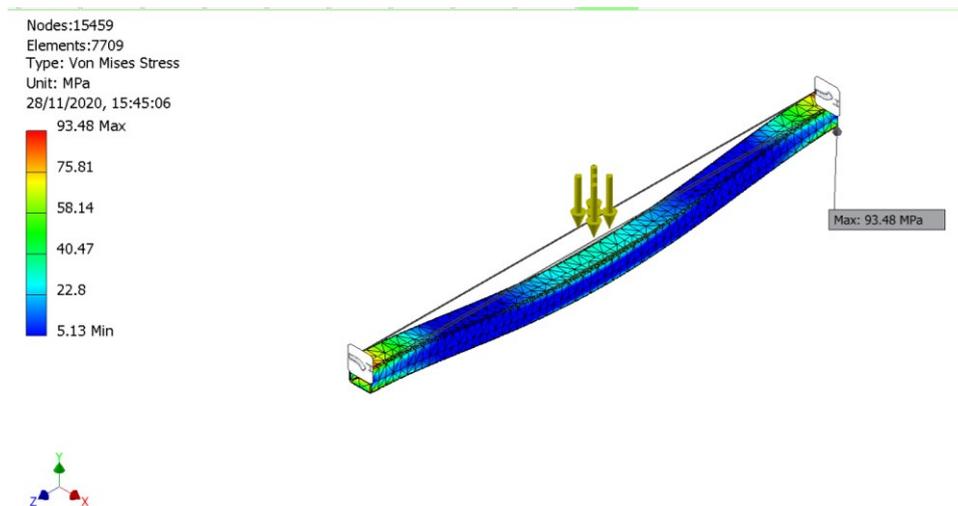


Gráfico 7.31. – Verificación Viga por Tensiones de Von Mises. Software Inventor

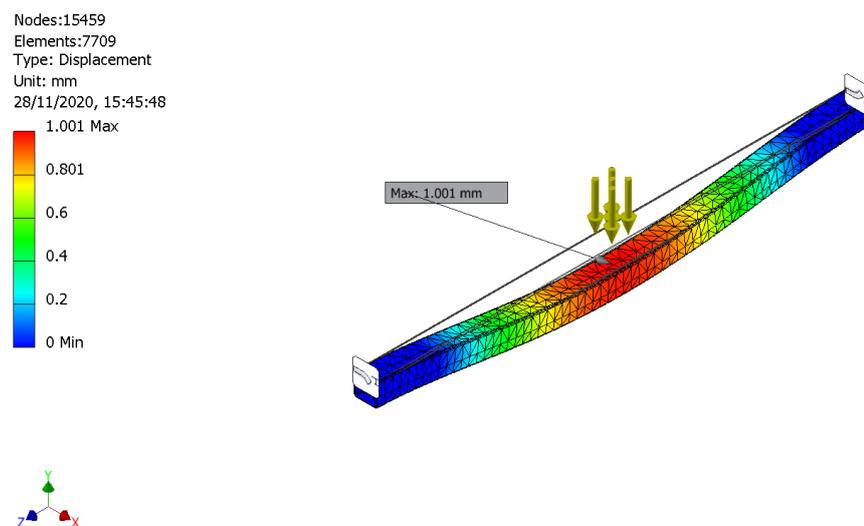


Gráfico 7.32. – Verificación Viga por Deformación. Software Inventor

Tensión max= 93.5 Mpa [953 kg/cm²]

Tensión admisible= 1200 kg/cm²

Flecha máxima= 1 mm.

Para el segundo método, analizamos los diagramas de esfuerzos vía software:

- Se aplican las mismas hipótesis que el ítem anterior.
- Se considera una carga distribuida de 8.33 N/mm (1250 kg en 1500 mm).

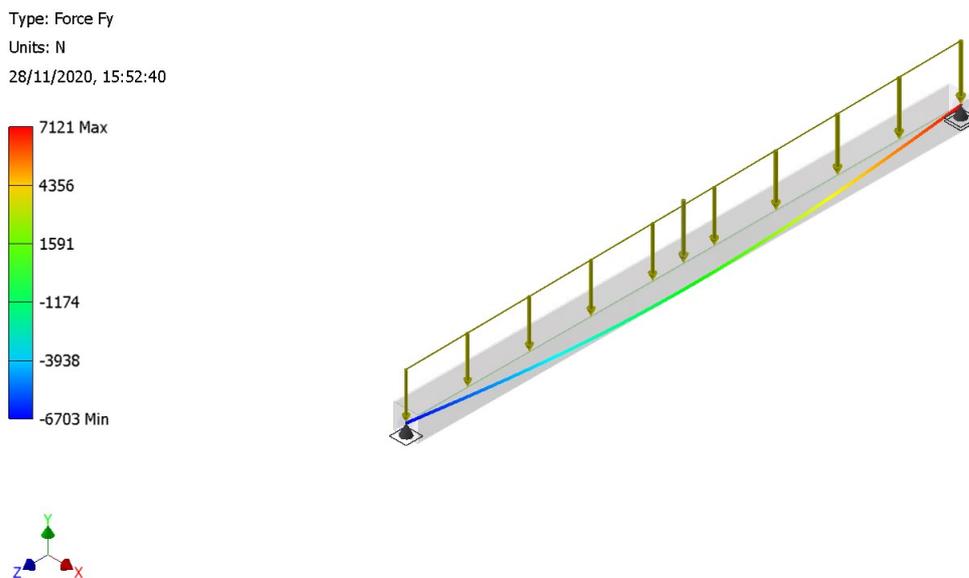


Gráfico 7.33. – *Solicitud Viga. Software Inventor*

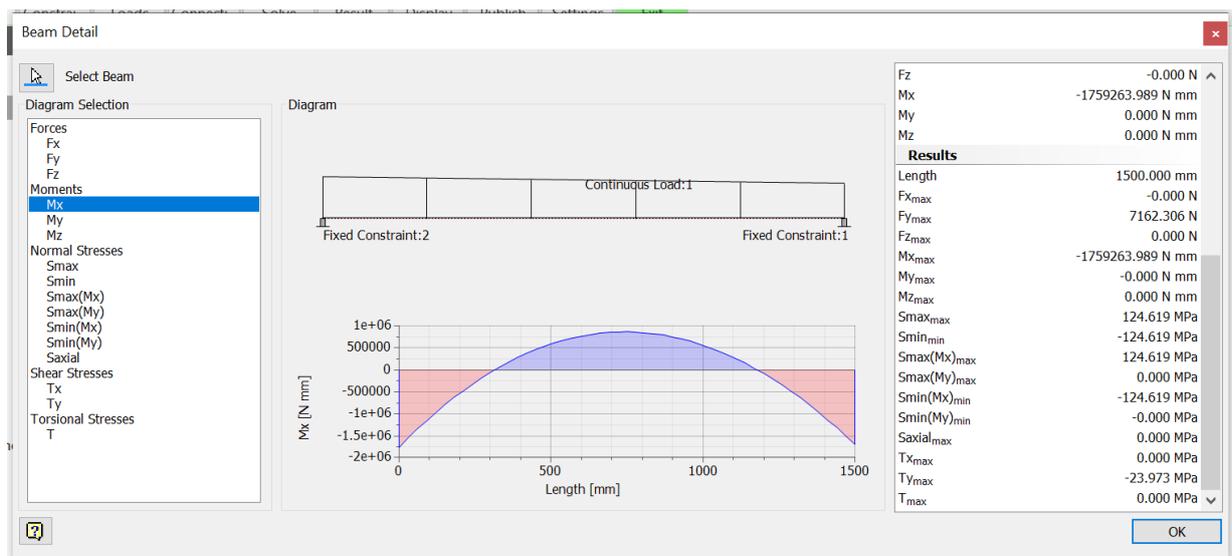


Gráfico 7.34. – *Diagrama de Esfuerzos Viga, Momento Flexor. Software Inventor*

$M_x \max = 1.75 \text{ KNm}$.

Momento de inercia del perfil: $J_{xx} = 60.3 \text{ cm}^4$.

Se desprecia el esfuerzo de corte.

$$\sigma = \frac{M_f * y/2}{J_{xx}} = \frac{1.75 \text{ KNm} * 0.035 \text{ m}}{0.603 * 10^{-6} \text{ m}^4} = 101575.45 \text{ KN/m}^2 = 1035.78 \text{ kg/cm}^2$$

Hemos verificado y obtenido valores similares mediante software.

Cálculo columna:

Se implementa un perfil de 70x70x3.

Material de travesaño:

- SAE 1010
- $\sigma_{adm} = 1200 \text{ kg/cm}^2$
- $E = 210 \text{ KN/mm}^2$

Primera aproximación por software.

- Largo del perfil: 1500mm
- Área de sección: 8.2 cm² [820 mm²]
- Se considera una presión sobre el perfil de 15.24 Mpa (1250 kg en 8.2 cm²)
- Tensión admisible = 1200 kg/cm²
- Características de software: Inventor. Proveedor: Autodesk. Versión 2018.

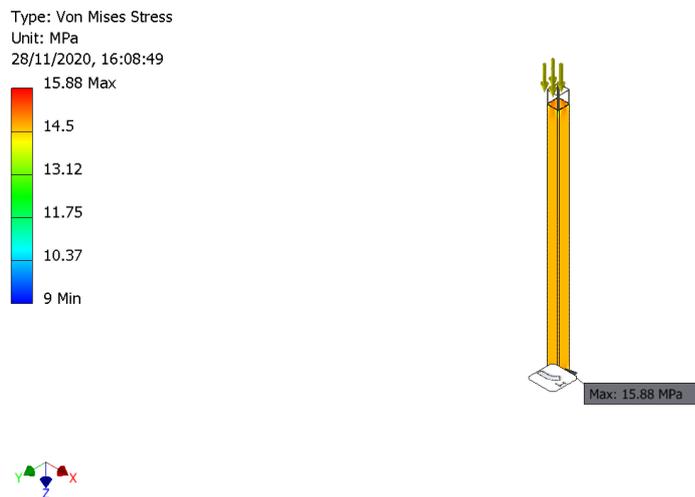


Gráfico 7.35. – Verificación Viga por Tensiones de Von Mises. Software Inventor

La tensión es menor a la admisible.

Luego se verifica el mismo al pandeo.

- El peso total del silo es de 2.5 Ton. Consideramos que columna soporta un ¼ de la carga total, pero para diseño se considera el valor de ½ de la carga, es decir, 1.25 Ton (1250 kg).
- Largo del perfil: 1500mm
- Área de sección: 8.2 cm² [820 mm²]
- Momento de inercia: 60.3 cm⁴ [603000 mm⁴]
- Alto sección: 70 mm.
- α= 1.2 (empotramiento-simplemente apoyado)
- Tensión máxima admisible de 1200 kg/cm².

$$i^2 = \frac{J}{A} = \frac{603000 \text{ mm}^4}{820 \text{ mm}^2} = 735.36 \text{ mm}^2$$

$$\lambda = \frac{L * \alpha}{i} = \frac{1500 * 1.2}{\sqrt{735.36}} = 66.37$$

Tabla de Coeficientes de pandeo W para acero St 37 - Norma DIN 4114											
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	λ
20	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	20
30	1,08	1,09	1,09	1,1	1,1	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13	30
40	1,14	1,14	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19	1,2	40
50	1,21	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	50
60	1,3	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,39	1,4	60
70	1,41	1,42	1,44	1,45	1,46	1,48	1,49	1,5	1,52	1,53	70
80	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61	1,62	1,64	1,66	1,68	1,69	80
90	1,71	1,73	1,74	1,76	1,78	1,8	1,82	1,84	1,86	1,88	90
100	1,9	1,92	1,94	1,96	1,98	2	2,02	2,05	2,07	2,09	100
110	2,11	2,14	2,16	2,18	2,21	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39	110
120	2,43	2,47	2,51	2,55	2,6	2,64	2,68	2,72	2,77	2,81	120
130	2,85	2,9	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,17	3,22	3,26	130
140	3,31	3,36	3,41	3,45	3,5	3,55	3,6	3,65	3,7	3,75	140
150	3,8	3,85	3,9	3,95	4	4	4,11	4,16	4,22	4,27	150
160	4,32	4,38	4,43	4,49	4,54	4,6	4,65	4,71	4,77	4,82	160
170	4,88	4,94	5	5,05	5,11	5,17	5,23	5,29	5,35	5,41	170
180	5,47	5,53	5,59	5,66	5,72	5,78	5,84	5,91	5,97	6,03	180
190	6,1	6,16	6,23	6,29	6,36	6,42	6,49	6,55	6,62	6,69	190
200	6,75	6,82	6,89	6,96	7,03	7,1	7,17	7,24	7,31	7,38	200
210	7,45	7,52	7,59	7,66	7,73	7,81	7,88	7,95	8,03	8,1	210
220	8,17	8,25	8,32	8,4	8,47	8,55	8,63	8,7	8,78	8,86	220
230	8,93	9,01	9,09	9,17	9,25	9,33	9,41	9,49	9,57	9,65	230
240	9,73	9,81	9,89	9,97	10,05	10,14	10,22	10,3	10,39	10,47	240
250	10,55										250

Valores intermedios no necesitan ser interpolados

Tabla 7.78. – Coeficientes de Pandeo

Por tabla se obtiene un w=1.36

$$\sigma = \frac{w * P}{A} = \frac{1.36 * 12500 \text{ N}}{820 \text{ mm}^2} = 20.73 \text{ N/mm}^2 = 211.38 \text{ Kg/cm}^2$$

Se verifica al pandeo.

Cálculo de soldadura:

Para el cálculo de las soldaduras se utilizaron 2 métodos, el método Shegley y se calculó con los siguientes apuntes:

Cátedra del Ing. Biscardi U.T.N. F.R.B.A.

Cátedra del Ing. Lozzupone U.T.N. F.R.G.P..

También se implementa el módulo de soldadura de Inventor (Características de software: Inventor. Proveedor: Autodesk. Versión 2018.)

El esfuerzo de corte utilizado es el mismo que en el cálculo de resistencia. Se tomó una simplificación de que se harán solamente dos soldaduras horizontales.

El método de soldadura es MIG/MAG y el material de aporte es AWS ER 70S-6 / ER 48S-6.

Esfuerzos de corte:

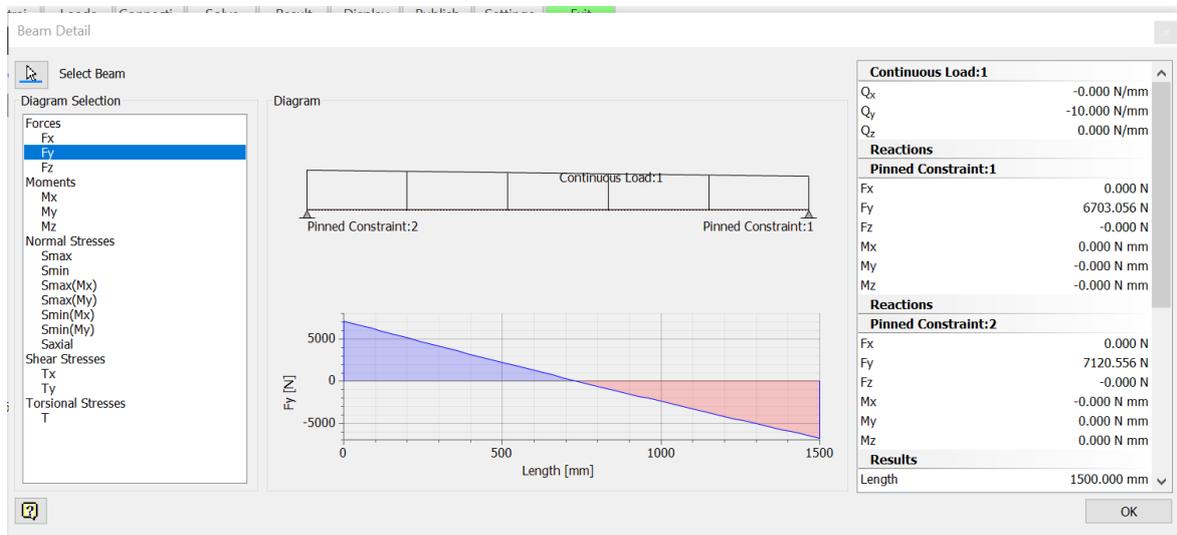
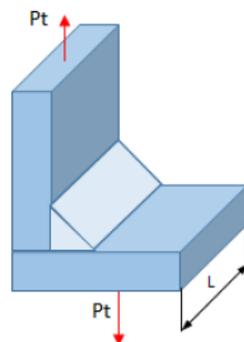


Gráfico 7.36. – Esfuerzos de Corte. Software Inventor



$$c = 0,75 * e$$

$$pt = 0,331 c \sigma F$$

$$Q = \text{Carga} / 2 * \text{Long. Cordón}$$

Gráfico 7.37. – Esquema Verificación de Soldadura por Esfuerzos de Corte

Travesaño		
e (espesor)	3	mm
c (cateto)	2.25	mm
σ fluencia	200	Mpa
Carga por corte	6703	N
Largo de un cordón	70	mm
Coefficiente de seguridad	2	
Soldadura filete		
Pt adm	148.95	N/mm
Q (esf. De corte)	47.87	N/mm

Tabla 7.79. – Cálculos Verificación de Soldadura

Se verifica también por el módulo de soldadura de Inventor:

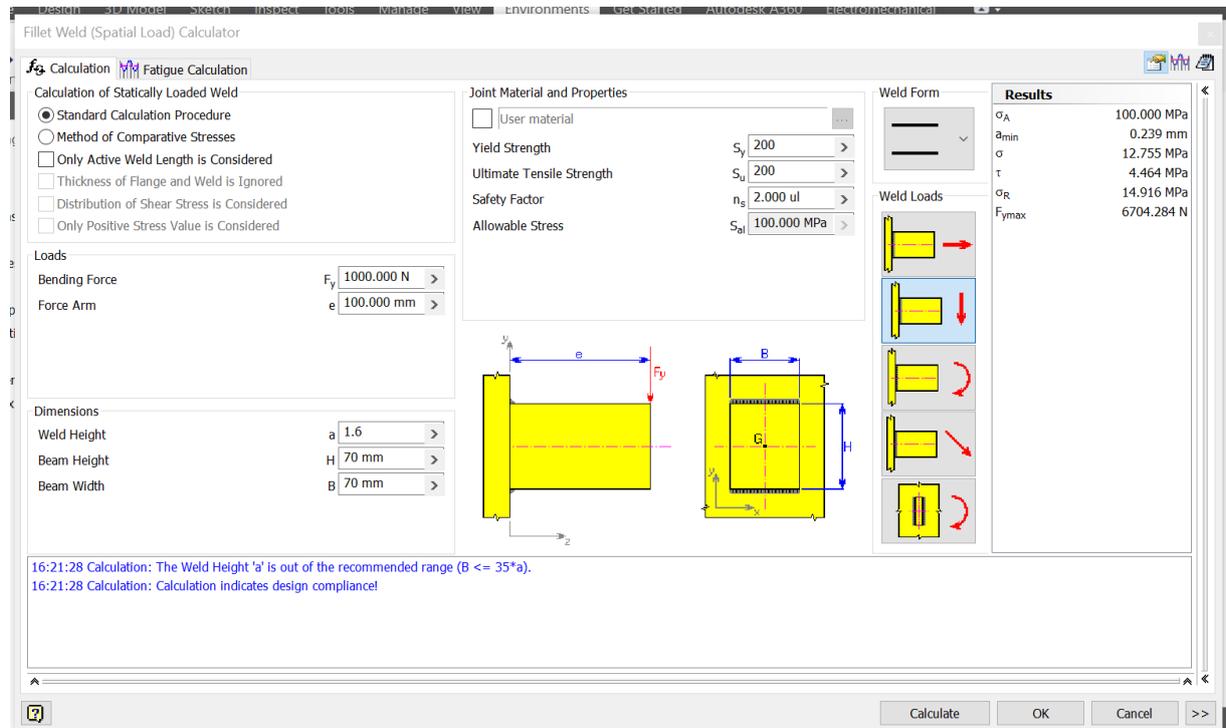


Gráfico 7.38. – Verificación de Soldadura. Software Inventor

El resultado por software verifica el cálculo analítico obteniendo valores similares y dentro de los parámetros admisibles. (Calculation: indicates design compliance)

Esquema 3D y pesaje:

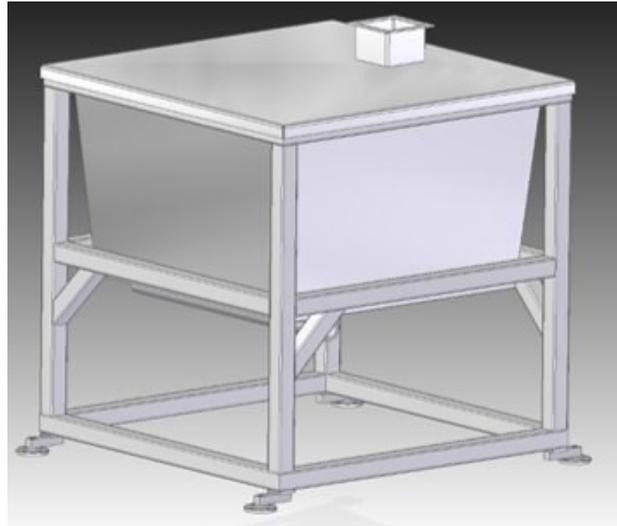


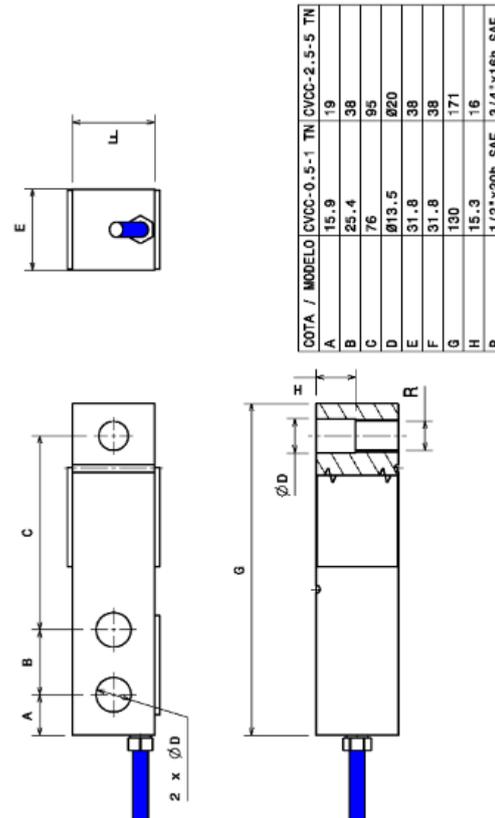
Gráfico 7.39. – Esquema Silo



Gráfico 7.40. – Celda de Carga

En cuanto al pesaje se procede a colocar una celda de carga en las 4 patas de la estructura, las cuales se abulonon a la estructura y, mediante una brida que posee la celda, se vincula la estructura completa al piso otorgándole rigidez. En nuestro caso utilizaremos una celda CVCC de la marca FLEXAR SRL, la cual trabaja al corte y se vincula a la estructura con dos tornillos M18, y al piso con 4 tacos metálicos M16.

Especificaciones Generales	
Tipo de celda	CVCC
Capacidades	500, 1000, 2000, 5000
Familia	Viga al corte
Aplicación	Industriales
Clase de precisión	C3
Numero máximo de intervalos de verificación (nmax)	3000
Vmin Relativo (Y)	6000
Sensibilidad (mV/V)	3
Tolerancia de la Sensibilidad (% C/N)	0,5
Error Combinado (% CN)	
Error de retorno de cero (% CN)	
Error de linealidad (% CN)	0,03
Creep (% CN)	0,03
Corrimiento del cero con la temperatura	0,003



DOTA / MODELO	CVCC-0.5-1 TN	CVCC-2.5-5 TN
A	15.9	19
B	25.4	38
C	76	95
D	Ø13.5	Ø20
E	31.8	38
F	31.8	38
G	130	171
H	15.3	16
R	1/2"x20h SAE	3/4"x18h SAE

Tabla 7.80. – Especificaciones Generales

Sistema de Control

Tal como se concluyó luego de efectuar los AMFE, se necesitará un sistema de control que sea robusto, para evitar posibles modos de falla que atenten contra la seguridad de los operarios. De esta manera, se procede de la siguiente manera.

Para seleccionar y dimensionar el sistema de control se separa al proceso en dos secciones. Una primera sección abarca desde la descarga de Trituración y Molienda hasta la carga de los silos, en cambio que la segunda parte se refiere al sistema de dosificación utilizado para descargar cada uno de los silos.

De esta forma, se detallan los elementos necesarios para cada subsistema, en función del sistema de control.

Primera Sección

Requerimientos de la cinta transportadora:

Objeto	Descripción	Cantidad
Motor de Inducción Trifásico	Permite el movimiento de la cinta, en función de su velocidad y potencia requeridos. Se debe contemplar el sistema de reducción, tipo tornillo sinfin	1
CT	Contactador del motor, permite encender y apagar el motor.	1

GM	Guardamotor, interruptor termomagnético que protege al motor ante elevadas corrientes eléctricas, que pueden producirse por un arranque indebido o trabas en el sistema	1
----	---	---

Tabla 7.81. – Requerimientos Cinta Transportadora

Requerimientos del carro Tripper:

Movilidad longitudinal a través de los silos:

Objeto	Descripción	Cantidad
Motor de Inducción Trifásico	Permite el movimiento del carro a lo largo de los silos, en función de su velocidad y potencia requeridos. Se debe contemplar el sistema de reducción, tipo tornillo sinfín	1
CT	Contactador del motor, permite encender y apagar el motor.	1
GM	Guardamotor, interruptor termomagnético que protege al motor ante elevadas corrientes eléctricas, que pueden producirse por un arranque indebido o trabas en el sistema	1
LS	Sensor de final de carrera (limit switch) mecánico. En cada silo se instalará uno que hará contacto con el tripper cuando el mismo llegue a la posición de descarga deseada	6

Tabla 7.82. – Requerimientos Tripper

Segunda Sección

Requerimientos de los Tornillos Dosificadores:

Objeto	Descripción	Cantidad
Motor de Inducción Trifásico	Permite el movimiento de cada uno de los tornillos, en función de su velocidad y potencia requeridos. Se debe contemplar el sistema de reducción, tipo tornillo sinfín	6
CT	Contactador del motor, permite encender y apagar el motor.	6
GM	Guardamotor, interruptor termomagnético que protege al motor ante elevadas corrientes eléctricas, que pueden producirse por un arranque indebido o trabas en el sistema	6
LS	Sensor de final de carrera (Limit Switch) mecánico. En cada tornillo se instalará uno que funcionará como seguidor de leva, lo que permitirá medir las vueltas dadas	6
LM	Leva Mecanizada. Se enviará a mecanizar vía pantógrafo una leva que permita medir cuando el tornillo giró una vuelta	6
Celdas de Carga	Permiten medir el peso de cada silo, con el objetivo de controlar la dosificación necesaria y mantener la trazabilidad de molienda, en concordancia con el sistema de gestión de la calidad	24
Pantallas para Pesaje	Las cuatro de celdas de cada silo se conectarán a una pantalla que indique la cantidad pesada y pueda conectarse con el PLC	6

Tabla 7.83. – Requerimientos Tornillos Dosificadores

Requerimientos de la Instalación en General:

- PLC (Programmable logic controller / Controlador logico programable):
 - Digital Inputs: 18 (debido a los 12 LS y las 6 pantallas de pesaje) + Emergency Stop + ON/OFF, se aproximan a 15 entradas digitales.
 - Digital Outputs: 8, debido a los 8 CT.
- HMI: Pantalla que se utilizará como interfaz de usuario. Una pantalla será suficiente para poder abastecer a todo el sistema.
- Ethernet: Para la conexión entre el HMI y el PLC.

Selección de Componentes

PLC

Se selecciona el modelo MicroLogix 1400 “1766-L32BWA”. El mismo cuenta con 20 entradas digitales y 12 salidas de Relay, las cuales son más que suficientes para nuestros requerimientos.



Gráfico 7.41. – PLC

HMI

Se selecciona el modelo 2711R Panel View 800, el cual cuenta con Ethernet.



Gráfico 7.42. – HMI

Contactores y Guardamotores

En este caso, ambos se seleccionan en función de las características eléctricas de los motores que se vayan a utilizar. De esta manera, su selección se separa según cada motor:

Motores de Tornillos Dosificadores

Sus características resultan:

- Potencia: 0,75 kW
- Tensión: 380 V
- Corriente Máxima: 11,58 A (al arranque)

De esta manera, se debe seleccionar un contactor de 12 A y tensión de alimentación de 24 VCC. Se utiliza, de la empresa Scheider Electric, el modelo “LC1D12BD”.



Gráfico 7.43. – Contactor

Como guardamotor se utiliza, de la misma empresa, el modelo “GV2ME16”, el cual puede regularse entre 9 y 14 A de protección.



Gráfico 7.44. – Guardamotor

Motor de la Cinta Transportadora

Sus características resultan:

- Potencia: 2,2 kW
- Tensión: 380 V
- Corriente Máxima: 37,59 A (al arranque)

Análogamente, se seleccionarán modelos de la misma empresa. Como contactor se selecciona el modelo “LC1D38B7”, el cual resulta de 38 A y tensión de alimentación de 24VCC (no se adjunta imagen ya que igual al anterior contactor). Como guardamotor se opta por el modelo “GV3P40”, el cual puede regularse entre 30 y 40 A. Debajo se adjunta su fotografía, ya que difiere con el de los tornillos.



Gráfico 7.45. – Contactor

Motor del Carro Tripper

Sus características resultan:

- Potencia: 0,55 kW
- Tensión: 380 V
- Corriente Máxima: 5,29 A (al arranque)

Se selecciona como contactor el modelo “LC1D09B7”, el cual resulta de 9 A y tensión de alimentación de 24 VCC (nuevamente la imagen es la misma) y como guardamotor al modelo “GV2M10”, el cual puede regularse entre 4 a 6,3 A (misma imagen del de los tornillos)

Límites de Carrera

En concordancia con el sistema de control robusto, se seleccionan límites de carrera mecánicos. Si bien su precisión no es la mejor, los requerimientos de la instalación son bajos, ya que sólo necesitamos que midan la presencia (o no) del tripper. Por otro lado, como los mecánicos funcionan a través del contacto, la posibilidad de que la medición falle es muy baja. Nuevamente, se utiliza la marca Schneider Electric, el modelo “XCKJ10543”.



Gráfico 7.46. – Fin de Carrera

Esquema de Funcionamiento del Sistema de Control

A modo esquemático, se propone el siguiente diagrama con su explicación para tener una mejor comprensión del funcionamiento básico del sistema de control propuesto y seleccionado.

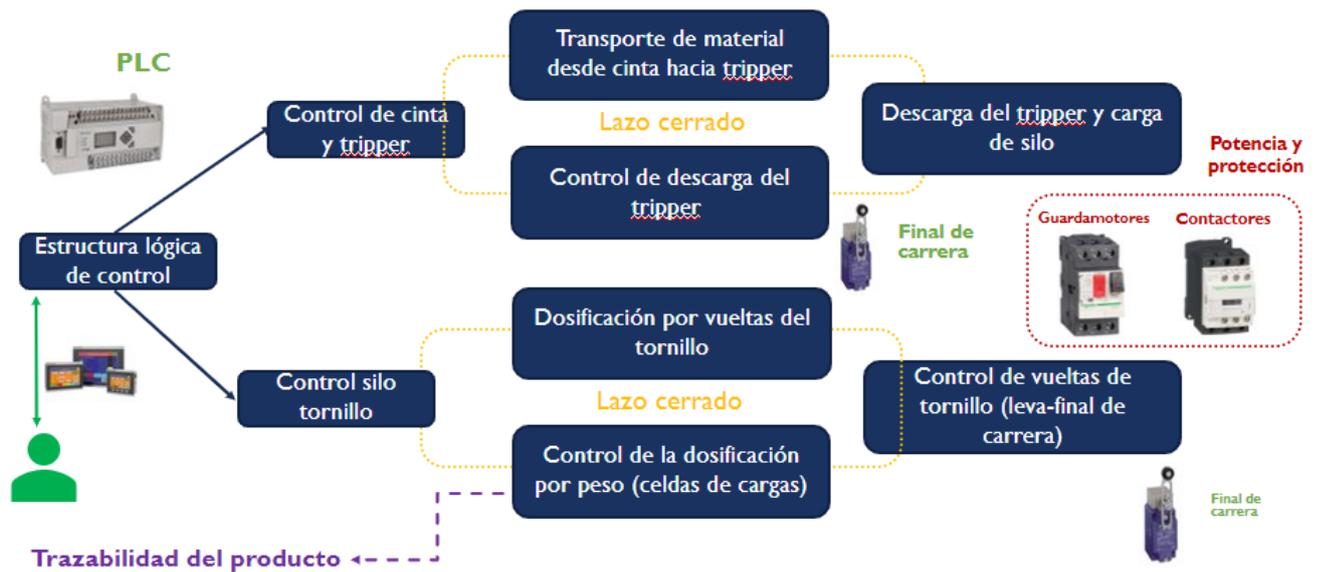


Gráfico 7.47. – Esquema de Funcionamiento del Sistema de Control

Se identifica una estructura lógica gobernada por el PLC. Este ocupa el lugar del “cerebro” de la operación del proceso. A su vez, para la interacción hombre-máquina se implementa una interfase HMI.

Como se observa en la estructura lógica, se identifican 2 ramas principales de control que serán descriptas a continuación:

Control de cinta y tripper: Esta rama de la estructura se encarga de gobernar el movimiento de la cinta, y a su vez, el movimiento del tripper ya que funcionan en conjunto. El tripper se encarga de cargar el silo. La descarga y posición del tripper se controla mediante finales de carrera mecánicos. Esto establece un sistema “lazo cerrado”. Este funcionamiento responde a uno de los outputs críticos de AMFE, estableciendo un sistema de control robusto.

Control de silo-tornillo: Esta rama de la estructura se encarga del control del tornillo, puntualmente de la dosificación. La misma se realiza teniendo en cuenta las propiedades del tornillo, y las vueltas que realiza el mismo. Para conocer las vueltas del tornillo, se implementa un conjunto leva-final de carrera mecánico acoplado al eje del tornillo. A su vez, se adiciona un segundo control a esta rama de control, verificando la dosificación realizada por medio del control del peso con la implementación de celdas de carga. Esto establece un sistema “lazo cerrado”. Este funcionamiento responde a uno de los outputs críticos de AMFE, estableciendo un sistema de control robusto.

En conjunto con el sistema de control previamente descrito, se identifican componentes de protección y potencia. La protección de los motores implementados se realiza mediante el uso de guardamotores. Así también, el manejo de la potencia eléctrica necesaria se realiza mediante la implementación de contactores.

RCM y Mantenimiento

Tanto los Tornillos Dosificadores como la Cinta Transportadora son los subsistemas que requieren un mayor mantenimiento para su correcto funcionamiento. Es por esto que se realizó un RCM para ellos y se plantearon las tareas de mantenimiento a realizar para cada componente comprometido incluyendo la frecuencia en los casos que sea necesario.

El desarrollo de lo mencionado se encuentra en las tablas de las páginas siguientes.

Cinta Transportadora

FUNCIÓN	FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFECTOS DE LOS FALLOS	CONSECUENCIAS				H1 S1/E1 O1 N1	H2 S2/E1 O2 N2	H3 S3/E1 O3 N3	H4	H5	S4/E4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR	
				H	S	E	O										
Banda transportadora																	
1	Transportar 6000 kg/h de material	A Pérdida de capacidad de transporte	1 Desalineación de la banda	Derrame de material	Y	Y	N	Y					Y	Revisar estado de rodillos alineadores. Mantenimiento detectivo	1 mes	Personal Mantenimiento	
			2 Velocidad excesiva	Exceso de polvo en aire	N	N	Y	N						Y	Prueba de funcionamiento. Mantenimiento detectivo	Diaria	Operario de cinta
2	Soportar las cargas y desgaste producidos por el funcionamiento	A Fisuras de mas de 8mm en la superficie de la cinta	1 Tension excesiva en la banda	Desgaste prematuro de la banda y otros componentes	Y	N	N	N					Y	Comprobar tensión aplicada en tornillos tensores. Mantenimiento detectivo	1 mes	Personal Mantenimiento	
			B Espesor de banda menor a 3,5mm	1 Desalineación en la banda	Cambio prematuro de la banda	Y	Y	N	Y					Y	Revisar estado de rodillos alineadores. Mantenimiento detectivo	1 mes	Personal Mantenimiento
		2 Suciedad acumulada en rodillos y tambores		Suciedad acumulada en rodillos y tambores	N	N	Y	N						Y	Revisar y ajustar contacto entre rascadores y banda. Mantenimiento detectivo	6 meses	Personal Mantenimiento
		3 Carga irregular de la banda		Rotura de la banda	N	Y	Y	Y						Y	Revisar estado y alineación de los encauzadores. Mantenimiento detectivo	6 meses	Personal Mantenimiento
												Y	Verificar estado de la banda y medir espesores	1mes	Personal Mantenimiento		
Rodillos																	
3	Soportar las cargas y desgaste producidos por el funcionamiento	A No permite o dificulta el avance de la banda	Rotura o desgaste excesivo de los rodamientos	Cambio de rodamientos	Y	N	N	Y		Y				Vida util de Rodamiento. Mantenimiento Preventivo	30,000 hrs de uso	Personal Mantenimiento	
		B Excesivas Vibraciones y Ruido	Deformación en los ejes	Cambio de eje	Y	N	N	Y					Y	Revisar alineación y deformación en las estaciones de rodillos. Mantenimiento detectivo	12 meses	Personal Mantenimiento	
		C Velocidad de avance inferior a 0,25 m/s	Rotura de recubrimiento	Tensiones excesivas en la banda	N	N	N	Y	Y				Y	Cambio de rodillos. Mantenimiento correctivo		Personal Mantenimiento	
				Ruido Ambiente				Y					Revisar ruidos y vibraciones inusuales. Mantenimiento detectivo	1 mes			
Motorreductor Tambor motriz																	
4	Proporcionar 18 RPM al tambor motriz con potencia de 2,2KW	A Rotura	1 Rotura de componentes	Parada de máquina	N	N	N	Y		Y				Mantenimiento correctivo	-	Personal Mantenimiento	
		B Excesivas Vibraciones y Ruido	1 Desgaste de componentes	Ruido Ambiente	N	Y	N	N		Y				Mantenimiento correctivo	-	Personal Mantenimiento	
			2 Mala lubricación (se debe usar grasa Mobil Unirex N2 /Shell)	Ruido Ambiente	N	Y	N	N	Y						Verificar nivel de lubricación para detectar perdidas	12 meses	Personal Mantenimiento
		C Fallo en Alimentación Eléctrica	1 Problemas con la conexión	Parada de máquina / Seguridad	Y	Y	N	Y	Y						Medir tensión con voltímetro en borneras del motor	6 meses	Técnico electricista
2 Problemas con elementos de seguridad	Parada de máquina / Seguridad		Y	Y	N	Y	Y						Verificar actuación de protecciones	12 meses	Técnico electricista		
Tambores																	
5	Soportar las cargas y desgaste producidos por el funcionamiento	A No permite o dificulta el avance de la banda	Falta de lubricación en los rodamientos	Cambio de rodamientos	Y	N	N	Y		Y				Lubricar rodamientos. Mantenimiento preventivo	15 días	Personal Mantenimiento	
		B Excesivas Vibraciones y Ruido	Deformación en los ejes	Cambio de eje	Y	N	N	Y					Y	Verificar estado de los ejes Mantenimiento detectivo	12 meses	Personal Mantenimiento	
		C Velocidad de avance inferior a 0,25 m/s		Tensiones excesivas en la banda									Y	Revisar ruidos y vibraciones inusuales. Mantenimiento detectivo	1 mes	Personal Mantenimiento	
6	Transmitir Torque (tambor motriz)	A Pérdida de fricción entre el tabor y la banda	Desviación en el ángulo de abrace	Derrame de material	Y	Y	N	Y					Y	Medir ángulo de abrace y verificar estado de polea inflectora. Mantenimiento detectivo	6 meses	Personal Mantenimiento	
			Desgaste o rotura del recubrimiento de goma	Resbalamiento de la banda	N	Y	N	Y	Y						Verificar estado del recubrimiento del tambor. Mantenimiento detectivo	1 mes	Personal Mantenimiento
				Desgaste prematuro de componentes													
Freno a Disco																	
7	Detener la banda	A No detiene la banda	Desgaste de pastillas de freno	Derrame de material	Y	Y	N	Y		Y				Cambio de pastillas de freno. Mantenimiento preventivo	6 meses	Personal Mantenimiento	
		B Tiempo de detención mayor a 2 segundos	Fallo en el sistema de control	Imposibilidad de parar la maquina	Y	Y	N	Y					Y	Prueba funcional en vacío. Mantenimiento detectivo	Diaria	Operario de cinta	
				Fallo en el sistema hidráulico	Y	Y	N	Y				Y	Verificar niveles del líquido hidráulico. Mantenimiento detectivo	1 mes	Personal Mantenimiento		
Sistema anti retorno																	
8	Evitar el retroceso de la banda	A La banda retrocede mas de 5cm luego de detenerse	Falta de contacto entre el freno y la banda	Derrame de material	Y	Y	N	Y					Y	Verificar contacto entre la cinta y los frenos ubicados en las estaciones de rodillos. Mantenimiento detectivo	1 mes	Personal Mantenimiento	

Tornillos Dosificadores

FUNCIÓN	FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFECTOS DE LOS FALLOS	CONSECUENCIAS				H1 S1/E1 O1 N1	H2 S2/E1 O2 N2	H3 S3/E1 O3 N3	H4	H5	S4/E4	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR	
				H	S	E	O										
TORNILLOS DOSIFICADORES																	
1	Transportar (Dosificar) 6000 kg/h de material para cada granulometría	A Pérdida de capacidad de transporte	1 Desgaste en la hélice del tornillo	Problemas en Dosificación	N	N	Y	Y						Prueba de funcionamiento	6 meses	Personal Mantenimiento	
			2 Rotura de la Hélice del tornillo	Parada de máquina	N	N	N	Y		Y					Prueba de funcionamiento	6 meses	Personal Mantenimiento
2	Soportar las cargas y desgaste producidos por el funcionamiento	B Deformación mayor a 6,3mm en el centro del eje	1 Rotura del Eje	Parada de máquina	N	N	N	Y		Y				Prueba de funcionamiento	6 meses	Personal Mantenimiento	
			RODAMIENTOS														
3	Soportar el eje del tornillo permitiendo su giro de 45 RPM	A No permite o dificulta el giro del tornillo	1 Rotura del Sistema	Parada de máquina	N	N	N	Y		Y				Vida útil de Rodamiento. Mantenimiento Preventivo	-	Personal Mantenimiento	
			1 Desgaste en pistas	Ruido Ambiente	N	Y	N	N		Y					Vida útil de Rodamiento. Mantenimiento Preventivo	-	Personal Mantenimiento
			2 Desgaste en bolillas	Ruido Ambiente	N	Y	N	N		Y					Vida útil de Rodamiento. Mantenimiento Preventivo	-	Personal Mantenimiento
MOTORREDUCTOR																	
4	Proporcionar 45 RPM al tornillo con potencia de 0,75KW	A Rotura	1 Rotura de componentes	Parada de máquina	N	N	N	Y		Y				Mantenimiento correctivo	-	Personal Mantenimiento	
			1 Desgaste de componentes	Ruido Ambiente	N	Y	N	N		Y					Mantenimiento correctivo	-	Personal Mantenimiento
		B Excesivas Vibraciones y Ruido	2 Mala lubricación (se debe usar grasa Mobil Unirex N2 / Shell Gadus S2 V220)	Ruido Ambiente	N	Y	N	N	Y						Verificar nivel de lubricación para detectar perdidas	12 meses	Personal Mantenimiento
			1 Problemas con la conexión	Parada de máquina / Seguridad	Y	Y	N	Y	Y						Medir tensión con voltmetro en bornas del motor	6 meses	Técnico electricista
		C Fallo en Alimentación Eléctrica	2 Problemas con elementos de seguridad	Parada de máquina / Seguridad	Y	Y	N	Y	Y						Verificar actuación de protecciones	12 meses	Técnico electricista

VIII. Planificación de Validación del Producto

Precisión en la Dosificación Másica a través del Tornillo

Una vez instalados los silos, celdas de carga y tornillos dosificadores, se debe validar la capacidad que poseen los mismos de entregar 100 kg/min de cada uno de los seis materiales. Para ello se llevará a cabo un ensayo de capacidad de máquina, el cual se realizará mediante la siguiente metodología. Es importante resaltar que un estudio de capacidad de máquina es llamado a “corto plazo” y se utilizan para determinar la variabilidad que la misma genera en el producto, si todas las demás variables se mantienen constantes. Para aprobarlo, el 99,994% de las mediciones efectuadas deben estar dentro de los límites de tolerancia propuestos o, dicho de otra manera, los límites de tolerancia deben abarcar por lo menos 8 desviaciones estándar (s) del conjunto de datos.

Metodología

Como es un estudio de capacidad de máquina, se debe lograr que la única variable durante el estudio resulte la máquina en sí, esto implica que la toma de muestras debe ser continuada y en serie, evitando paradas y errores. Se deberá proceder análogamente para todas las granulometrías, y las mediciones se efectuarán a través de las celdas de carga comentadas anteriormente. A su vez, teniendo en cuenta que la precisión de dosificación debe ser de 1 kg y se tomarán muestras de 100 kg, se establecen los límites:

- Tolerancia Inferior: TI = 99 kg.
- Tolerancia Superior: TS = 101 kg.

Una vez definidas, se procede según lo siguiente:

1. Dosificar 50 veces seguidas (cada una durante un minuto) mediante los tornillos para cada granulometría, de esta forma se tendrán 50 muestras de cada una.
2. Medir lo dosificado en cada una, mediante las celdas de carga.
3. Determinar la media aritmética de cada una.

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

4. Determinar el desvío estándar de cada una. En el denominador se divide por n-1 ya que el tamaño de las muestras es inferior a 100.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

5. Hallar las diferencias:

$$TS - \bar{X} =$$

$$\bar{X} - TI =$$

y seleccionar el valor más pequeño de ambas.

6. Calcular el Cmk con la seleccionada, mediante la siguiente fórmula.

$$Cmk = \frac{\text{diferencia menor}}{3s}$$

7. Si $C_{mk} > 1,33$ la máquina es capaz de dosificar el material en función de las tolerancias planteadas.

Aquí resulta importante señalar lo siguiente. La máquina puede no ser capaz por dos motivos:

- No dosifica 100 kg/m.
- La dosificación es muy variable entre muestra y muestra.

En el caso que la máquina no dosifique la capacidad másica por la que fue diseñada pero la variabilidad entre muestra y muestra sea ínfima (esto es, por ejemplo, que dosifique 150 kg/m y cada muestra se encuentre dentro del intervalo de tolerancia) el estudio de capacidad resultará aprobado, ya que por más de que dosifique más material que el que debe, si este valor resulta constante no será necesario recurrir a las celdas de carga en la instalación. En el caso de que la dosificación resulte inferior a 100 kg/m deberá considerarse que no interfiera con los tiempos del proceso productivo.

Compatibilidad entre materiales del sistema de dosificación y material a dosificar

La validación de la compatibilidad entre los materiales utilizados para la construcción de los tornillos y el material del proceso consta principalmente de dos criterios explicados a continuación.

En primer lugar, se tiene el respaldo de la Norma ANSI-CEMA-350 la cual, como se muestra en el apartado de “Cálculo y Selección de Componentes – Tornillos Dosificadores”, indica el uso de los metales seleccionados para manipular materiales altamente corrosivos. Esto nos permite considerar que el sistema tendrá la resistencia necesaria para funcionar de manera correcta durante toda la vida de diseño. Además, vale la pena resaltar que no corre riesgo alguno la integridad del material a dosificar.

En segundo plano, se cuenta con la experiencia de variada maquinaria dentro de la empresa que sirve como banco de prueba al presentar la interacción entre los materiales en cuestión. Aunque esta experiencia por si sola no es suficiente, permitirá usar los mismos criterios de mantenimiento que se utilizan en el resto de la planta para así poder evaluar cualquier problema de desgaste prematuro que pueda ocurrir.

Resulta importante mencionar que todo lo recién mencionado se complementa con el Plan de Mantenimiento diseñado para la mejora de proceso.

Generación de Polvo por parte de la Instalación

Una vez instalados todos los componentes utilizados para el transporte de materiales, se debe validar la capacidad que poseen los mismos de no emitir polvos en suspensión al ambiente, ya que esto implica un grave incumplimiento de los parámetros establecidos dentro de la factibilidad legal. La metodología de evaluación de impacto ambiental se realiza mediante lineamientos de la Superintendencia de riesgos del trabajo en su **Resolución 861/2015**. Los

límites máximos quedan establecidos según la Resolución **295/2003**. Como normas de apoyo, se utiliza la norma IRAM 80001 a 80004.

En cuanto a los lineamientos más importantes a realizar en la toma de datos según la resolución **861/2015** destacamos:

- Denominación del puesto de trabajo en el cual se realiza la medición.
- Descripción de la tarea que se realiza en el puesto de trabajo durante el transcurso de la medición.
- Tiempo de exposición por jornada, expresado en minutos.
- Frecuencia de exposición.
- Temperatura del sector/puesto de trabajo monitoreado, expresada en °C.
- Presión del sector/puesto de trabajo monitoreado, expresado en mmHg.
- Condiciones habituales de trabajo: Se responderá por SI cuando las condiciones operativas del puesto y su entorno inmediato no hayan sido modificadas. De lo contrario se responderá por NO.
- Dispositivo utilizado en la toma de muestra del aire del sector/puesto de trabajo monitoreado. Ej. filtro membrana, lavador de gases, muestreador pasivo, tubos de adsorción, etc.
- Instrumental o dispositivo de lectura directa utilizado en la toma de muestra del aire del sector/puesto de trabajo monitoreado. Ej. tubos colorimétricos, monitor con sensor electroquímico, espectrofotómetro infrarrojo portátil, etc.
- Caudal al que se calibra el instrumental utilizado, expresado en lts/min.
- Tiempo de muestreo expresado en minutos.
- El volumen total de aire circulante por muestra referido a condiciones normales de referencia de presión y temperatura en Higiene Industrial (760 mmHg y 25°C), mediante la siguiente ecuación:

$$V_0 = P_1 * \frac{V_1}{T_1} * \frac{T_0}{P_0}, \text{ en la cual:}$$

V_0 : Volumen total de aire circulante por muestra referido a condiciones normales de referencia de presión y temperatura en Higiene Industrial (760 mmHg y 25°C).

P_1 : Presión del sector/puesto de trabajo monitoreado (mmHg).

V_1 : Volumen total de aire circulante por muestra.

T_1 : Temperatura del sector/puesto de trabajo expresada en C.

T_0 : 25°C

P_0 : 760 mmHg (Presión en las condiciones normales de referencia en Higiene Industrial).

- Identificación del contaminante o mezcla de contaminantes que integra la muestra tomada del sector/puesto de trabajo monitoreado.
- Valor hallado luego del tratamiento analítico realizado a la muestra tomada del sector/puesto de trabajo monitoreado.

Para completar el análisis, se establecen los siguientes límites máximos de concentraciones permitidos según las materias primas involucradas en nuestro proceso:

VALORES ACEPTADOS						
SUSTANCIA	N° CAS	CMP	CMP-CPT CMP-C	NOTACIONES	PM	EFFECTOS CRITICOS
Silicato de metilo	681-84-5	1	ppm	—	—	Ocular, pulmón
Silice, Amorfa- Tierra de diatomas (sin calcinar)	61790-53-2	10 ^{F,1)} 3,5 ^{F,1)}	mg/m ³ mg/m ³	—	—	Iritación, neumoconiosis
Silice fundida	60676-86-0	0,1 ^c	mg/m ³	—	—	Fibrosis pulmonar
Silice, humos	69012-64-2	2 ^b	mg/m ³	—	—	Iritación, fiebre
Silice precipitada y gel de silice	112926-00-8	10	mg/m ³	—	—	Iritación
Silice cristalina- Cristobalita	14464-46-1	0,05 ^d	mg/m ³	—	—	Fibrosis pulmonar, silicosis
Cuarzo	14808-60-7	0,05 ^d	mg/m ³	—	A2	Fibrosis pulmonar, silicosis, función pulmonar, cáncer
Oxido de aluminio	1344-28-1	10 ^{F1)}	mg/m ³	-	A4	Pulmón, irritación
Oxido de boro	1303-86-2	10	mg/m ³	-	-	Iritación
Oxido de calcio	1305-78-8	2	mg/m ³	-	-	Iritación
Oxido de Zinc Humos	1314-13-2	5	mg/m ³	10	mg/m ³	Pulmón, fiebre del metal
Polvo		10	mg/m ³			Pulmón
Oxido de difenilo o-dorado	31242-93-0	0,5	mg/m ³	—	—	Cloracné, higado

Tabla 9.1. – Concentraciones Máximas. Res. 295/2003.

En resumen, obtenemos:

Químico	Concentración máxima permitida (mg/m3)	Efectos críticos
Alúmina	10	Iritación
Sílice	3 a 10	Iritación Neumoconiosis
Cuarzo	0.05	Fibrosis Pulmonar Silicosis Funcion pulmonar Cancer

Tabla 9.2. Resumen Concentraciones Máximas

Para poder validar la mejora de proceso implementada, los resultados obtenidos deberán ser menores a los enunciados previamente.

IX. Conclusiones

A partir de la realización del Estudio de Factibilidades (Económica/Financiera, Técnica y Legal) y la Ingeniería Básica del presente Proyecto Final se logró aplicar de manera integral la formación académica de todos los integrantes del equipo para el estudio de un proceso productivo complejo como es el de producción de materiales refractarios para las industrias siderúrgica y metalúrgica (producción de aluminio como principal). Mediante este estudio se detectaron oportunidades de mejora, se proyectaron, calcularon y diseñaron las partes necesarias para poder implementar una mejora de proceso compuesta de un sistema de transporte, acopio y dosificación de material que permiten producir de una manera más eficiente y con una mayor capacidad productiva.

Desde el comienzo del proyecto se realizó un enfoque centrado en las factibilidades económicas, tecnológicas y legales, lo que permite realizar el trabajo con una mirada global y realista para lograr obtener una implementación de mejora de proceso viable.

Resulta importante mencionar que mejoras de este tipo pueden servir para impulsar el desarrollo de la producción de materiales lo que puede significar una buena oportunidad no solo para la empresa sino también para los consumidores de la zona gracias a la reducción de costos.

La mejora de proceso propuesta además significa una mejora en el campo de la seguridad de los trabajadores en planta y también una disminución en el impacto ambiental propio del proceso.

Se espera que el presente trabajo por un lado sea útil para comprender la forma en la que se debe responder a problemáticas de transporte de materiales similares a la presente. Por otro lado, en el caso específico de la mejora del proceso productivo de materiales refractarios, se espera que sirva para implementarse en la empresa o para dar una visión distinta a la que se viene llevando en los últimos tiempos con el fin de lograr un beneficio para ellos mismos.

X. Bibliografía

Factibilidad Económica/Financiera

- "Cálculo de Transportadores de Tornillo Sin Fin", *Ingemecánica*. [En línea]. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>. [Accedido: 10-oct-2020].

Factibilidad Tecnológica

- "Manejo de Materiales a Granel", *Ing. Gustavo Grimolizzi, UTN FRBA*. [En línea]. Disponible en: <https://docplayer.es/78173840-Manejo-de-materiales-a-granel-manejo-de-materiales-y-distribucion-en-planta-ing-gustavo-grimolizzi.html>. [Accedido: may-2020].
- "Equipos & Componentes", *Solid Solutions Hosokawa Alpine*. [En línea]. Disponible en: <https://www.solids.de/es/equipos-componentes.html>. [Accedido: may-2020].

Factibilidad Legal

- Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo (Ley N° 19.587)
- Decreto Complementario N° 351/79
- IRAM 80001, 80002, 80003 y 80004
- Resolución 861/2015 de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo

Cálculo y Selección de Componentes

AMFE

- *AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos*. Librería Hor Dago, Vizcaya, España.

Material a Transportar

- "ASTM Sieve Chart and TYLER Equivalents", W. S. Tyler. [En línea]. Disponible en: https://www.mltest.com/PDF/astm_chart_wstyler.pdf. [Accedido: nov-2020]

Tornillos Dosificadores

- *Screw Conveyor Dimensional Standards*, CEMA Standard 300, 2019.
- *Screw Conveyor for Bulk Materials*, ANSI/CEMA Standard 350, 2019

Cinta transportadora

- Dunlop, "Cintas Transportadoras". 2020. Disponible en: <http://www.dunlop.com.ar/catalogos/06-Catalogodecintastransportadoras.pdf>.
- Dunlop, "Programa para el cálculo de cintas transportadoras". 2020. Disponible en: <http://www.dunlop.com.ar/catalogos/07-Programaparaelcalculodecintastransportadoras.rar>.
- Sibre, "Disc Brake USB 2 M 1501 391 E-EN-2013-04 ". 2020. Disponible en: http://agp.com.co/pdf/USB_EN.pdf

- Rotrans, “Rodillos”. 2020. Disponible en: <https://rotranssa.com/catalogos>.
- Rotrans, “Tambores”. 2020. Disponible en: <https://rotranssa.com/catalogos>.
- Rotrans, “Estaciones de Rodillos”. 2020. Disponible en: <https://rotranssa.com/catalogos>.
- Rematitop, “REMACLEAN PUR-F3/PUR-F4”. 2020. Disponible en: https://rematitop.com.ar/wp-content/uploads/pdfs/sistemas_de_limpieza/PUR-F3.pdf
- Rematitop, “REMACLEANC”. 2020. Disponible en: <https://rematitop.com.ar/wp-content/uploads/Fotositem/REMACLEANC.pdf>
- "Diseño y desarrollo para una cinta transportadora de aridos", *Claudia Martinez Brochal, Universitat Jaume I*. [En línea]. Disponible en: http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/176230/TFG_Claudia_Mart%C3%ADnez_Bronchal.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Accedido: Sep-2020].
- "Diseño de una cinta transportadora en una instalación de carga automática de coque", *Edgar Amela Felipe, Universitat Jaume I*. [En línea]. Disponible en: <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/165321> [Accedido: Sep-2020].
- "Diseño de una banda transportadora mediante guide de matlab" *D Mario Salinero Gervaso Universidad Carlos III de Madrid*. [En línea]. Disponible en: <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/165321> [Accedido: Sep-2020].
- DIN 22101:2011-12 "Continuous conveyors – Belt conveyors for loose bulk materials – Basis for calculation and dimensioning"
- DIN 22102-1:2014-01. "Conveyor belts with textile plies for bulk goods. Part 1: Dimensions, specifications, marking".
- DIN 22107-1:2014-08. "Continous mechanical handling equipment. Idlers sets for belt conveyors for loose bulk materials. Principal dimensions".

Selección de Motorreductores

- Sumitomo Drive Technologies, “Cyclo 6000 Gearmotor Catalog”. 2012
- Sumitomo Drive Technologies, “Cyclo BBB4 EP.NA Catalog”. 13.402.50.002, 2016
- Sumitomo Drive Technologies, “Cyclo BBB5 Reducer and Gearmotor Catalog”. 13.605.50.001, 2012

Selección de Acoplamientos

- TecnoPeg, “Acople Serie T Estrella de Nitrilo”. Disponible en: <https://www.tecnopeg.com/productos/acople-serie-t-estrella-de-nitrilo/> [Accedido: Sep-2021].

Silos de almacenaje

- Eurocódigo UNE-EN 1991-1-2:2019.
- "Celda CVCC, Producto”, *Flexar SRL*. [En línea]. Disponible en: <http://www.flexar.com.ar/productos/cvcc/>. [Accedido: oct-2020].

- Cátedra del Ing. Biscardi U.T.N. F.R.B.A.
- Cátedra del Ing. Lozzupone U.T.N. F.R.G.P..

Sistema de Control

- Rockwell Automation, “Micrologix Programmable Controllers Selection Guide”. 2019. Disponible en: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1761-sg001_-en-p.pdf.
- Rockwell Automation, “Panel View 800 Terminals”. 2018. Disponible en: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/2711r-td001_-en-p.pdf.
- Schneider Electric, “TeSys Catalogue 2020”. 2020. Disponible en: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=MKTED210011EN.pdf&p_Doc_Ref=MKTED210011EN.
- Telemecanique Sensors, “Limit Switches XC Standard Range Catalogue”. 2021. Disponible en: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=Catalogue+Limit+switches+XC+Standard+range.pdf&p_Doc_Ref=DIA4ED2170406EN.

Planificación de Validación del Producto

Precisión en la Dosificación Música a través del Tornillo

- A. P. Maseda, “Estudios de Capacidad”, en *Aplicación de la Estadística al Control de Calidad*, Ed. Marcombo, Barcelona, España: 1993, pp. 95-97.

XI. Glosario de Símbolos

Factibilidad Económica/Financiera

A.R.T.: Aseguradora de Riesgos del Trabajo.

USD: Dólares estadounidenses.

3P: tripolar.

HMI: Human Machine Interface.

FODA: análisis de Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas.

VAN: Valor Actual Neto.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

Factibilidad Tecnológica

PLC: Programmable Logic Controller.

Uso Pretendido del Producto

COVID-19: Infección por el coronavirus SARS-CoV-2

PBI: Producto Bruto Interno.

PyMES: Pequeñas y Medianas Empresas.

310: nombre interno de la granulometría abarcada por las mallas N°3 y N°10.

1030: nombre interno de la granulometría abarcada por las mallas N°10 y N°30.

30MA: nombre interno de la granulometría abarcada por las mallas N°3 y N°30.

610: nombre interno de la granulometría abarcada por las mallas N°6 y N°10.

30MB: nombre interno de la granulometría abarcada por la malla N°30 en adelante.

FF: nombre interno de la granulometría más fina producida.

FALTA AMFES

Cálculo y Selección de Componentes

Silos de almacenaje

ASTM: American Society for Testing and Materials

BMHB: British materials handling board

SAE: Society of Automotive Engineers

Tornillos Dosificadores

ANSI: American National Standards Institute.

CEMA: Conveyor Equipment Manufacturers Association.

rpm: revolución por minuto.

SCH: Schedule (Nominal Pipe Size).

Cinta Transportadora

DIN: Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización).