



**Cartas de lubricación y cálculo de presiones de cierre en inyectoras Haitian serie MARS
como metodología TPM para evitar fallos en las inyectoras**

Samuel Alejandro Gallo Muñoz

Seleccione tipo de documento para optar al título de Seleccione título otorgado por UdeA (A-Z)

Daniel Esteban Agudelo Delgado
Profesor de cátedra departamento de ingeniería mecánica

Universidad de Antioquia
Facultad de ingeniería
Departamento de ingeniería mecánica
Medellín
2024

Cita

(Gallo Muñoz, 2024)

Referencia

(Gallo Muñoz, S 2024). *Cartas de lubricación y cálculo de presiones de cierre en moldes de inyectoras Haitian serie MARS, como metodología TPM* [Trabajo de grado]. Universidad de Antioquia, Medellín.

Estilo APA 7 (2020)



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Julio Cesar Saldarriaga.

Jefe departamento: Pedro León Simanca..

Agradecimientos

Integrantes del área de mantenimiento por su apoyo y conocimientos brindados, durante el proceso de prácticas en el grupo empresarial TERCOL S.A.S.

- Pablo Andrés Díaz - Ingeniero mecánico, coordinador del área de mantenimiento.
- Giovanni Henao – técnico eléctrico y tecnólogo mecánico, jefe del personal técnico.
- Francisco Castrillón - técnico electrónico.
- Luis Sarmiento - técnico - técnico electromecánico.
- Jhoseth Quejada - técnico eléctrico.
- Cesar Vargas técnico – eléctrico.
- Pedro Naranjo - técnico eléctrico.
- Diego Tarrifa - técnico mecánico.
- Luis David Florez - técnico mecánico.
- Amado Salas - mecánico industrial.
- Juan Hernandez - -técnico mecánico.

Tabla de contenido

Contenido

1. Resumen.....	9
2. Introducción	11
3. Objetivos	13
3.1 Objetivo general	13
3.2 Objetivos específicos.....	13
4. Marco teórico	14
5. Metodología	16
5.1 Cálculo de las presiones de cierre:	23
5.2 Determinar la fuerza de cierre:	27
5.3 Observar	31
5.4 Área aplicada de trabajo.....	32
6. Resultados	33
6.1 Calculo de presiones de cierre para moldes de policarbonato.....	33
6.2 Cálculo para presiones de cierre con moldes de polipropileno.....	35
6.3 Cálculo de presiones de cierre para moldes con alto impacto.....	36
7. Conclusiones	39
8. Recomendaciones.....	40
9. Referencias	41
10. Anexos.....	41

Lista de tablas

Tabla 1. Seguimiento de los correctivos registrados por el área de mantenimiento.	12
Tabla 2. Características físicas del aceite Shell Omala S2 GX 150.	17
Tabla 3. Mecanismo de rodilla de la inyectora.	24
Tabla 4. Datos de los materiales plásticos usados en las inyectoras.	28
Tabla 5. Área de trabajo de cada inyectora.	32

Lista de figuras

Figura 1. Área de inyectoras plásticas.....	9
Figura 2. Fallas presentadas en el área de inyección.	10
Figura 3. Desarme de las inyectoras para cambio de retenedores de aceite.	11
Figura 4. Conformación del área de mantenimiento.....	12
Figura 5. Pilares del TPM.	14
Figura 6. Mecanismo de ajuste del molde de 4 engranajes.....	18
Figura 7. Ejes guía del coche de inyección, con graseras para lubricación manual.	19
Figura 8. Rodamiento del tornillo sin fin.	19
Figura 9. Ficha de lubricación, consideraciones de lubricación.	20
Figura 10. Ficha de lubricación, zonas a lubricar y aceite o grasa usada.	20
Figura 11. Imágenes de las piezas a lubricar.....	21
Figura 12. Zonas no visibles a lubricar, mecanismo botador de piezas.	22
Figura 13. Mecanismo de rodilla de la inyectora.	22
Figura 14. Dimensiones de los moldes en funcionamiento que están activos.	24
Figura 15. Área de cada pieza con su respectivo material de fabricación.....	25
Figura 16. Datos complementarios obtenidos en la experimentación.....	30
Figura 17. Datos complementarios obtenidos en la experimentación.....	30
Figura 18. Dimensiones del área de trabajo para la inyectora 1.	32
Figura 19. Fuerzas de cierre para inyectoras 2 y 5 con moldes de trabajo con policarbonato.....	33
Figura 20. Moldes de policarbonato que cumplen para inyectoras 2 y 5.....	34
Figura 21. Moldes de policarbonato que cumplen para inyectora 3.	34
Figura 22. Fuerzas de cierre y áreas de trabajo para inyectoras 2 y 5 con moldes de polipropileno.	35
Figura 23. Moldes de polipropileno que cumplen para inyectoras 2 y 5.	36

Figura 24. Moldes de polipropileno que cumplen para inyectora 3.....	36
Figura 25. Fuerzas de cierre y áreas de trabajo para inyectoras 2 y 5 con moldes de alto impacto.	36
Figura 26. Moldes que cumplen para inyectoras 2 y 5.	37
Figura 27. Moldes que cumplen para inyectora 3.	37
Figura 28. Tabla guía de uso de moldes.....	38

Siglas, acrónimos y abreviaturas

INY	Inyectora plástica Haitian serie MARS
EP-00	Aceite mineral
OT	Orden de mantenimiento
FC	Fuerza de cierre
UdeA	Universidad de Antioquia
GX 150	Aceite mineral
TONNA 68	Aceite mineral

1. Resumen

El mantenimiento inicia desde que se elige el equipo, es importante conocer la máquina y las capacidades que esta tiene, en la empresa TERCOL S.A.S se cuenta con una gran cantidad de activos, divididos en dos áreas, metal mecánica y área de inyección, mencionando los más importantes como troqueladoras, punzonadoras de control numérico, dobladoras, soldadores de punto e inyectoras plásticas, siendo estas en las que se basara el proyecto de TPM, la lubricación en una maquina es de vital importancia, pero la correcta lubricación no fue la única necesidad identificada en esta área, en el transcurso de la práctica se fueron identificando fallos y daños en las inyectoras que causaron paros en los equipos de hasta casi un mes, se estudiaron las fallas y cuáles eran sus posibles causas, además como atacar estas fallas desde la raíz buscando evitar estos paros en la producción.

Figura 1.

Área de inyectoras plásticas.



Algunos de los problemas identificados fueron:

- 1- Piezas defectuosas.
- 2- Moldes atascados en las inyectoras.
- 3- Daños en el sistema hidráulico.
- 4- Succionadores de plástico obstruidos por falta de limpieza en filtros.

También se encontró una falla en la lubricación de las inyectoras. Como estas cuentan con un sistema automático de lubricación, se asumía que se lubricaban todas las piezas móviles. Durante

los mantenimientos preventivos se descubrió que una de las zonas que el personal técnico creía que se lubricaba automáticamente, como tenía graseras esto evidencio que debía ser lubricada de forma manual. Mas aun, no tenían claro si usar grasa o aceite mineral.

Después de casi 3 meses de iniciada la práctica se presentó un daño considerable en la inyectora 1, dicho fallo correspondió a la ruptura del vástago del cilindro hidráulico encargado de cerrar el mecanismo de rodillera que está unido a la placa, donde se instala el molde. Además de moldes que quedaban atorados, como consecuencia se generaban daños en los moldes al forzar su apertura manualmente, además de daños en el sistema hidráulico, también daños en los retenedores de aceite generando fugas y goteos constantes, el fallo en la inyectora 1 se cotizo aproximadamente en \$ 600,000 COP, a pesar de no ser mucho para la empresa, la verdadera perdida se genera por el tiempo que la inyectora estuvo detenida, el cual fue aproximadamente 20 días, como consecuencia de esto se limitó la producción del área de inyección.

Figura 2.

Fallas presentadas en el área de inyección.



Se identificó la causa como un mal manejo de los moldes de inyección, además de las fuerzas de cierre que se usaban para los mismos, por tanto se plantea un estudio de las presiones de cierre que demanda cada molde, dependiendo de sus dimensiones, cavidades y material con el que trabaja, para crear una tabla o lista que permita identificar al personal de inyección los moldes recomendados para cada inyectora, teniendo en cuenta las capacidades de las mismas, de manera que no se vuelvan a presentar dichos inconvenientes.

Figura 3.

Desarme de las inyectoras para cambio de retenedores de aceite.



Se buscará implementar los pilares 01 y 03 del TPM con las tres actividades que se explicaron con anterioridad, acorde con el objetivo de reducir los paros en el área de inyección y los mantenimientos correctivos al mínimo posible, de manera que se le pueda reducir la carga de trabajo al área de inyección de la empresa.

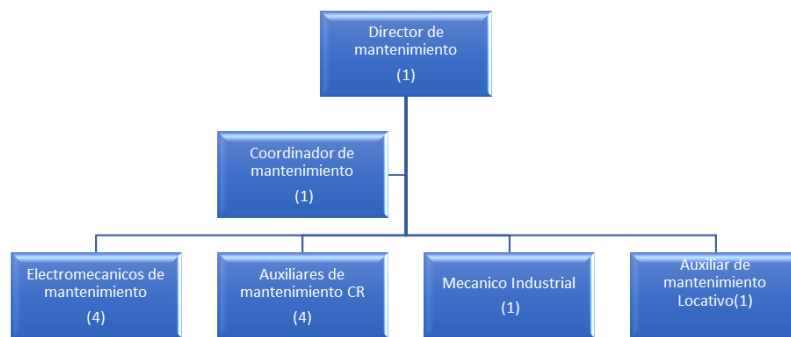
2. Introducción

TERCOL S.A.S es una empresa del sector metalmecánico, su principal actividad es la fabricación de cajas, tableros eléctricos, gabinetes eléctricos, piezas aislantes, entre otros dispositivos eléctricos de uso para redes de distribución eléctrica, además de su área metal mecánica y de ensamble, también cuenta con un área de inyectoras plásticas, contando a la fecha con 7 inyectoras HAITIAN serie Mars.

Entonces la empresa cuenta con un departamento de mantenimiento conformado en su mayoría por un personal técnico, capacitado en áreas como electricidad, electrónica y mecánica industrial, el personal es el encargado de realizar los planes de mantenimiento preventivos, también atender los correctivos y locativos para toda la empresa y sus respectivos activos.

Figura 4.

Conformación del área de mantenimiento



Por esta razón se busca brindar herramientas como cartas de lubricación, además de eliminar los daños en las inyectoras producidos por un mal manejo de los moldes, esto con el objetivo de que evitar paros en la producción, eliminar fallos en el sistema hidráulico y reducir la carga de trabajo para el personal del área de mantenimiento.

Tabla 1.

Seguimiento de los correctivos registrados por el área de mantenimiento.

Correctivos 2024	ENERO	FEBREO	MARZO	ABRIL
Metalmecánica	17	25	32	45
Inyección	18	14	8	18
Troqueles	4	11	21	22
Moldes	4	1	0	2
TOTAL	43	51	61	87

Se puede observar en la tabla como a pesar de que el área de inyección mantiene un número estable de correctivos en lo corrido del año si se nota un aumento en las otras áreas, de esta forma al reducir los correctivos en inyección, el personal podrá dedicarse a otras áreas que más lo requieran.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Disminuir el número de mantenimientos correctivos que se presentan en el área de inyección, esto gracias al suministro de herramientas que permitan al personal operario responder ante posibles fallas que no ameriten la presencia del personal de mantenimiento en el área de inyección.

3.2 Objetivos específicos

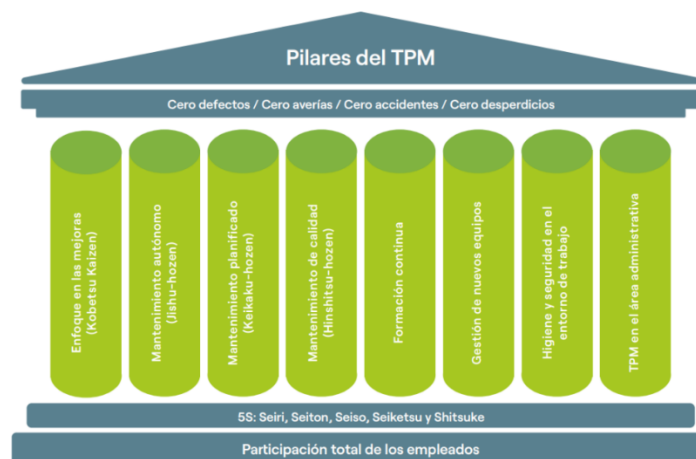
- Disminuir la carga de trabajo del personal técnico del área de mantenimiento, con el suministro de fichas de mantenimiento autónomo que permitan a los operarios del área de inyección realizar actividades triviales como la limpieza de los filtros de succionadores o cargadores de plásticos de las tolvas en las inyectoras.
- Suministrar cartas de lubricación que garanticen el cumplimiento de los procesos de lubricación, bien documentados donde se especifique la grasa o aceite usado y las zonas a lubricar, teniendo en cuenta la seguridad del personal técnico u operario
- Suministrar una ficha que permita identificar los moldes que pueden ocasionar atascamientos y deterioros en los componentes mecánicos e hidráulicos en las inyectoras, con tal de evitar paros en la producción y garantizar el cumplimiento de las metas de producción para el área de inyección de plásticos de la empresa

4. Marco teórico

El TPM más bien conocido como mantenimiento productivo total, tuvo su origen en Japón, surgió después de la Segunda Guerra Mundial como una respuesta a la escasez de recursos y la necesidad de mejorar la eficiencia industrial. Se basó en los principios del mantenimiento preventivo desarrollado por Shigeo Shingo en la planta de Matsushita Electric Works.

Además de que a entre 1960 y 1970, el TPM se expandió por otras empresas japonesas y se consolidó como una metodología sistemática para optimizar el rendimiento de los equipos. En la década de los 80, el TPM comenzó a introducirse en Occidente y fue ganado popularidad a nivel mundial, esto debido a sus evidentes resultados en la mejora de la productividad, la calidad y la seguridad.[5]

Figura 5.
Pilares del TPM.



Nota. Fuente [2]

Esta metodología se aplica en una amplia variedad de industrias como lo son, la industria de la manufactura, automotriz, aeroespacial, electrónica, alimentos y bebidas, entre otras. Su implementación requiere un compromiso total de la gerencia y de todos los empleados, y debe adaptarse a las características específicas de cada organización.

- **Algunos beneficios:**

- Mayor productividad con reducción de tiempos de parada y aumento de la capacidad de producción.
- Mejor calidad con disminución de defectos y mejora de la consistencia del producto.
- Menores costos con reducción de gastos de mantenimiento y reparaciones.
- Mayor seguridad con un ambiente de trabajo más seguro y menos accidentes.
- Mejora en la moral del personal, con mayor participación y motivación de los empleados.

En la época actual esta metodología está constantemente evolucionando y adaptándose a los nuevos desafíos de la industria, como la Industria 4.0 y la manufactura sostenible. Se integra con otras metodologías de mejora continua, como Lean Manufacturing y Six Sigma, para crear un sistema de gestión integral que impulsa la excelencia operacional. La industria colombiana se caracteriza por ser diversa y presentar distintos niveles de desarrollo tecnológico y de gestión. En este contexto, la implementación del TPM se presenta como un desafío y una oportunidad para las empresas que buscan mejorar su competitividad y alcanzar estándares internacionales de eficiencia. El TPM ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar la competitividad de las empresas colombianas en diversos sectores. Su implementación exitosa requiere un enfoque sistemático, compromiso de toda la organización y adaptación a las características del contexto colombiano. Los casos de éxito existentes demuestran el potencial del TPM para transformar la industria colombiana y alcanzar estándares internacionales de eficiencia y calidad.

5. Metodología

Como el área de inyección no cuenta con cartas de lubricación, el área de mantenimiento se encarga de suministrar las fichas de lubricación necesarias para garantizar que las inyectoras presenten una correcta lubricación, esto a pesar de que las inyectoras cuentan con un sistema automático de lubricación, en primer lugar porque no todas las zonas se lubrican con el aceite del sistema de distribución, y en segundo lugar porque algunas zonas se lubrican con grasa mineral, además como el sistema de bombeo cuenta con varias líneas de lubricación, estas mantienen un suministro constante de aceite Tona 68, en las cartas de lubricación se también se recomienda la inspección de estas líneas para verificar que no estén obstruidas y garanticen una correcta lubricación, por último se muestran en las siguientes imágenes los mecanismos y partes que no cuentan con lubricación automática.

En las últimas semanas de la práctica, el área de mantenimiento decidió implementar un cambio en el aceite de lubricación, el cual se usa para el llenado de los depósitos de lubricación automática, el Tonna 68 se cambió por Shell Omala GX 150, un aceite con menor cantidad de componentes minerales, esto debido a que el Tonna 68 comenzó a experimentar unos escases en el mercado. A continuación, se detalla la información del aceite GX 150:

Shell Omala S2 GX lubricante de alta calidad, para aplicaciones en condiciones de alta presión, diseñados para la lubricación de engranajes y partes móviles de uso industrial, en partes sometidas a altas cargas o pesos. Buena capacidad de carga y protege contra el “Micropitting”, además de ser compatible con juntas, sellos y no reaccionar con pinturas.

- **Propiedades y ventajas:** Larga vida útil, ya que presenta buena estabilidad ante la oxidación, además de resistencia al estrés térmico, reduciendo costos de mantenimiento y mayor economía en comparación con otros aceites minerales. El GX 150 están diseñados para reducir el riesgo de degradación térmica, además de reducir la formación y acumulación de lodos, aun con temperaturas de hasta 100 °C. [1]

- **Excelente protección contra desgaste y Micropitting:** Ofrece excelente capacidad de carga, para de esta forma evitar el fenómeno de “Micropitting”, de esta forma se logra alargar la vida útil de las piezas lubricadas. [1]
- **Eficiencia en el sistema de engranes o mecanismos optimizando la separación de agua, liberación de aire, controlando la corrosión y reduciendo la formación de espuma:** GX 150 aporta una buena capacidad de separación de agua, además de proteger contra la corrosión y también tendencia la formación de espuma. El agua es un líquido que puede acelerar en gran medida la formación de fatiga superficial en engranajes y rodamientos, también genera corrosión ferrosa en superficies internas. [1]

GX 150 reduce la formación d espuma, esta se da en aplicaciones donde los tiempos de residencia o estancia del aceite son marginales. Excelente estabilidad ante el cizallamiento, manteniendo su viscosidad estable, durante todo el tiempo de uso, buena compatibilidad con sellos, juntas y retenedores de aceite, reduciendo el riesgo de fugas, además de que es compatible o no reacciona con acabados de pintura interna o externa. [1]

- **Aplicaciones principales:** Mecanismos o sistemas de engranes industriales, transmisiones de engranajes en contacto, acero sobre acero, rectos, helicoidales o planetarios, además de sistemas altamente cargados con sistemas de circulación forzada o salpicadura. El aceite GX 150 es adecuado para piezas sin engranes, como rodamientos u otro tipo de piezas acero sobre acero, lo que lo hace perfecto para las inyectoras, ya que todas sus superficies de contacto sean ejes, placas o engranajes son de acero.

Características físicas típicas:

Tabla 2.

Características físicas del aceite Shell Omala S2 GX 150.

Propiedades	Valor [mm ² /s]	Método	Nombre
Viscosidad cinemática	40°C	ISO 3104	150
Viscosidad cinemática	100°C	ISO 3104	14.8
Índice de viscosidad		ISO 2909	98
Punto de inflamación COC	°C	ISO 2592	>240
Punto de congelación	°C	ISO 3016	-24
Densidad	15 °C Kg/m ³	ISO 12185	897

Nota. Fuente ficha técnica Shell Omala S2 G [1]

Figura 6.

Mecanismo de ajuste del molde de 4 engranajes.



Figura 7.

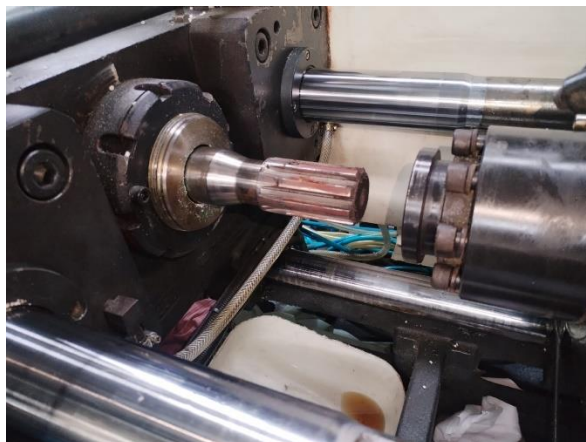
Ejes guía del coche de inyección, con graseras para lubricación manual.



En el caso del rodamiento para el tornillo sin fin del cilindro de extrusión, este se lubrica cada mese con grasa EP-00, al igual que las guías mostradas en la figura 7, que sostienen el motor hidráulico del tornillo sin, el objetivo de las cartas de lubricación es garantizar una correcta lubricación de las piezas, mientras se previenen los desgates en las mismas alargando la vida útil de estas.

Figura 8.

Rodamiento del tornillo sin fin.



A continuación, se muestra la ficha técnica utilizada para estandarizar el proceso de lubricación, donde se especificará las zonas a lubricar, el aceite o grasa utilizado, el punto, si es graser o deposito, también imágenes para identificar las zonas además de consideraciones de seguridad para quien realice la lubricación, ya sea personal técnico u operario.

Figura 9.

Ficha de lubricación, consideraciones de lubricación.

FICHA DE LUBRICACION		TERCOL S.A.S
Código Equipo: INY-01		Area: Inyección de plasticos
		No. Carta: 01
COMPONENTE	CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD ANTES DE INICIAR	
1	Rodamiento tornillo sin fin	<p>CAMBIO DE LUBRICANTE: Asegurarse que el equipo este apagado o des energizado, la temperatura del lubricante a cambiar debe estar por debajo de los 45 °C, utilizar protección adecuada para lubricar.</p> <p>REENGRASE DE RODAMIENTO: Se recomienda hacer con el equipo en movimiento, de esta forma se garantiza la distribucion en todo el rodamiento, en caso de presentarse riesgo de lesion, debera realizar el reengrase con el equipo apagado o des energizado.</p>
2	Mecanismo de rodilla	
3	Ejes guia de placa de molde	
4	Superficie de apollo de placa de molde	
5	Mecanismo de ajuste del molde	
6	Ejes botadores de piezas	
7	Ejes guia tornillo sin fin	

Figura 10.

Ficha de lubricación, zonas a lubricar y aceite o grasa usada.








ZONAS LUBRICABLES											
ID Punto	Mecanismo	Zona de Lubricación	Numero de zonas	Lubricante			Cantidad	Frecuencia			Rótulo
				Tipo Lubricante	Norma	Nombre Comercial		Volumen a depositar	Reponer	Toma de muestra	
1	Rodamiento tornillo sin fin	GRASERA	2	GRASA MINERAL	NGLI 2	MOBILUX EP-00	N.A	MENSUAL	SI	N.A	
2	Ejes de la Articulación de rodilla	DEPOSITO	4	ACEITE MINERAL	ISO 68	SHELL OMALA S2 GX 150	2 LITROS	CADA 3 SEMANAS	SI	N.A	
3	Eje guia placa de molde	DEPOSITO	4	ACEITE MINERAL	ISO 68	SHELL OMALA S2 GX 150	2 LITROS	CADA 3 SEMANAS	SI	N.A	
4	Ejes guia de coche de inyeccion	GRASERA	2	GRASA MINERAL	NGLI 2	MOBILUX EP-00	N.A	MENSUAL	SI	N.A	
5	Superficie de apollo placa de molde	DEPOSITO	2	ACEITE MINERAL	ISO 68	SHELL OMALA S2 GX 150	2 LITROS	CADA 3 SEMANAS	SI	N.A	
6	Engranaje	GRASERA	4	GRASA MINERAL	NGLI 2	MOBILUX EP-2	N.A	CADA 6 MESES	SI	N.A	
7	Mecanismo botador	MANUAL	4	GRASA MINERAL	N.A	MOTORKO TE 3W	N.A	SEMANAL	NO	N.A	

Figura 11.
Imágenes de las piezas a lubricar.

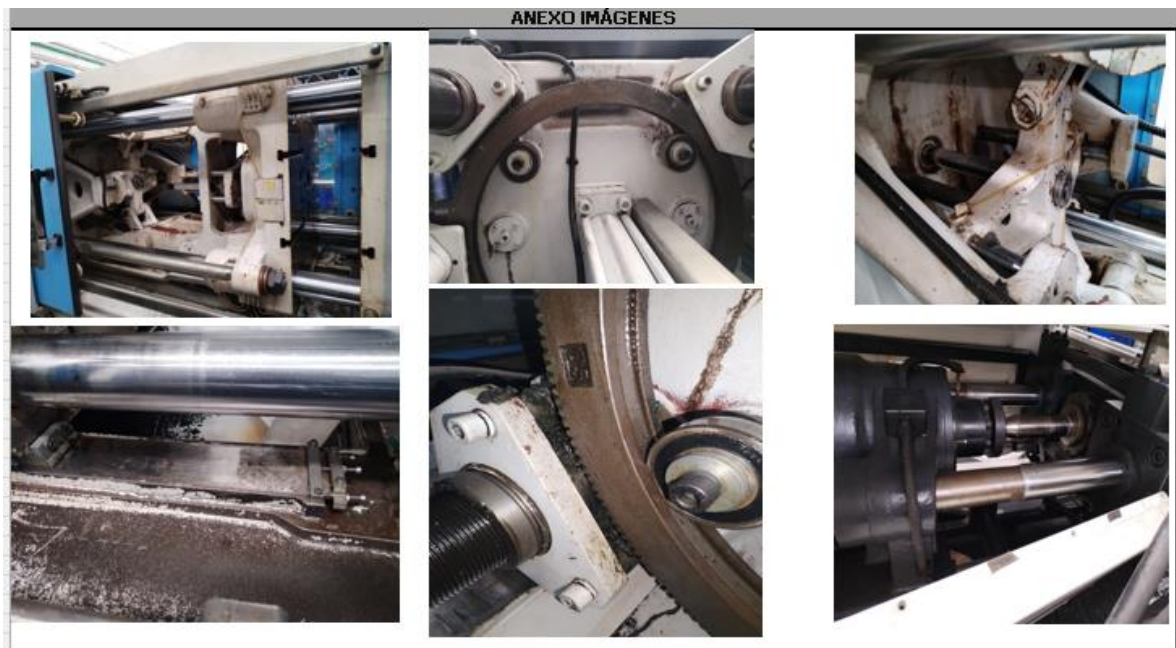
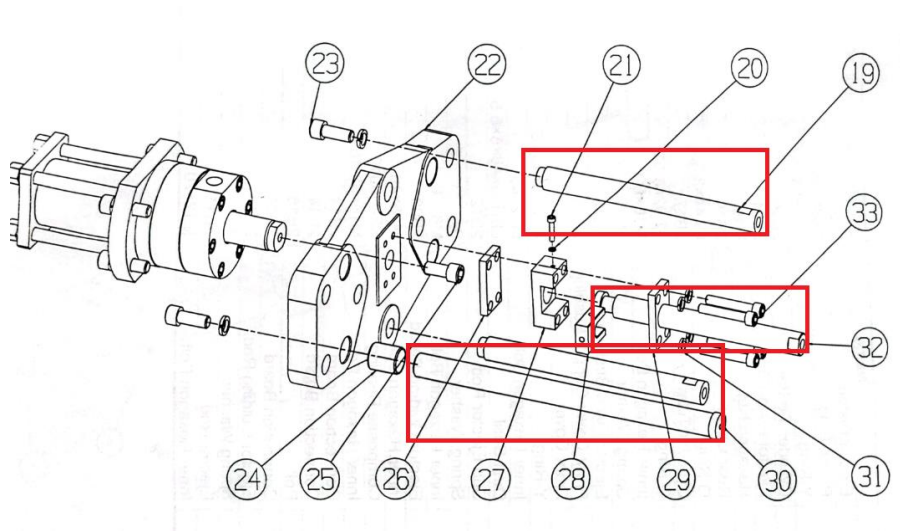


Figura 12.

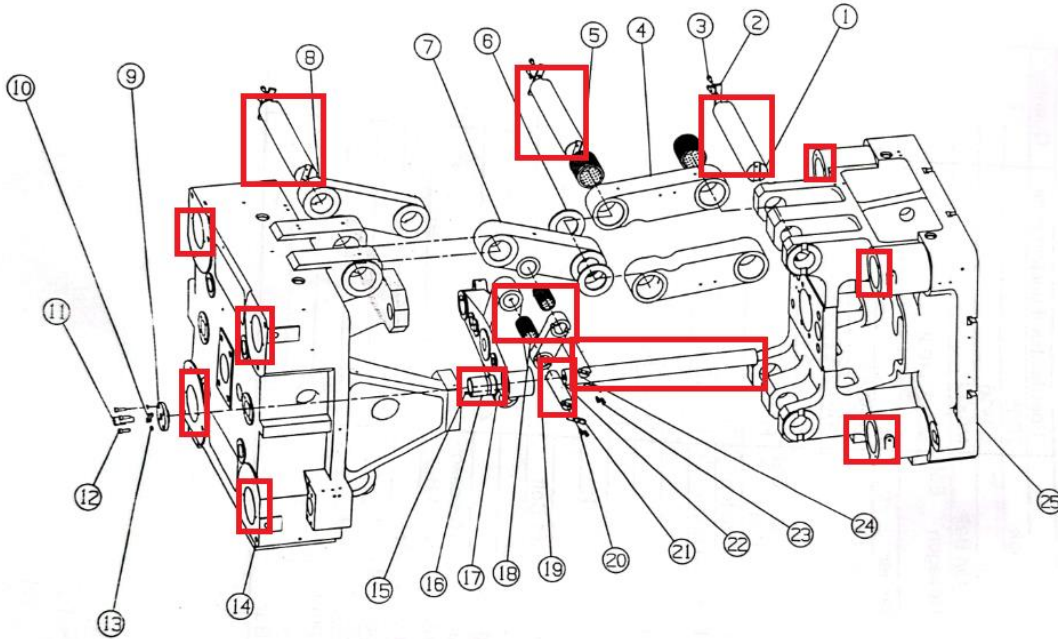
Zonas no visibles a lubricar, mecanismo botador de piezas.



Nota. Fuente Manual inyectora Haitian Serie Mars

Figura 13.

Mecanismo de rodilla de la inyectora.



Nota. Fuente Manual inyectora Haitian Serie Mars

De la misma manera se suministran las cartas de lubricación para las 6 inyectoras restantes, teniendo en cuenta que la cantidad de ejes en el mecanismo de votación de piezas pueden cambiar dependiendo de cada inyectora y su capacidad, algunas inyectoras tienen 4 y otras tienen hasta 6 ejes para la expulsión de las piezas plásticas.

5.1 Cálculo de las presiones de cierre:

El área de inyección cuenta con 7 inyectoras HAITIAN Serie MARS, de diferentes capacidades, numeradas dependiendo del tiempo que llevan trabajando en la empresa, más específicamente la inyectora se numeraron de la más antigua a la más nueva, en el transcurso del mes de marzo se presentó una falla considerable en la inyectora 1, consistió en la fractura del vástago del cilindro hidráulico de acero AIS SAE 4340, según el análisis que se realizó las causas fueron las siguientes:

- Moldes que demandan altas presiones de cierre.

- Uso de gato hidráulico al momento de separar los moldes, ya que estos se quedaban atorados, puesto que la inyectora no tenía la fuerza suficiente para separarlos.

Además, hay que tener en cuenta que las 7 inyectoras tienen diferentes presiones de cierre máximas que pueden ofrecer, También diferentes capacidades de producción, el área de mantenimiento planteo la creación de una ficha técnica donde se listarán los 33 moldes activos para los 3 materiales termoplásticos trabajados en inyección, donde para cada molde se calculará su presión de cierre, haciendo uso de datos como el área del molde, el número de cavidades y el área de cada pieza. A continuación, se muestran los datos recolectados por el área de mantenimiento, dichos datos serán utilizados para calcular la presión de cierre de cada molde.

Tabla 3.

Mecanismo de rodilla de la inyectora.

INYECTORA	PRESION MAXIMA [Bar]	PRESION MAXIMA [kN]
INYECTORA 1	200	2000
INYECTORA 2	120	1200
INYECTORA 3	250	2500
INYECTORA 4	250	2500
INYECTORA 5	120	1200
INYECTORA 6	250	2500
INYECTORA 7	300	3000

Nota: Los datos de las presiones máximas son obtenidos de las fichas técnicas de cada inyectora o de sus respectivos manuales.

Figura 14.

Dimensiones de los moldes en funcionamiento que están activos.

MOLDES DE LA PLANTA DE PLASTICOS								
#	REFERENCIA	CAVIDADES #	ALTO (cm)	ANCHO (cm)	FOND O (cm)	PESO (kg)	AÑO DE FABRICACIÓ	NOMBRE DEL PRODUCTO
1	CP 2X4	8	62,5	52,5	46,5	102	2020	Caja Plastica 2x4
2	CP 4X4	8	78	53	52	122		Caja Plastica 4x4
3	CP OCTOGONAL	8	83,0	53,0	51,5	1214	2023	Caja Octogonal
4	CIERRE PLASTICO	4	35	26	31	188		Cierre Plastico
5	CONECTOR 3/4	12	50	37	41,5	512	2015	Conector de 3/4"
6	TUERCA 3/4	12	40	30	24,5	176	2015	Tuerca de 3/4"
7	CONECTOR 1/2	12	50	41,6	268	371	2015	Conector de 1/2"
8	TUERCA 1/2	12	35	30	24,4	17	2015	Tuerca de 1/2"
9	TPF 4X4	8	61,0	42,3	31,3	53,8		Tapa Plastica Flush 4x5
10	TPL 4X4	2	37,0	41,0	23,1	23,3	2011	Tapa Plastica Lisa 4x4
11	TPL 2X4	2	28,0	27,0	23,2	117	2011	Tapa Plastica Lisa 2x4
12	A CAMPANA 1/2	16	30,0	35,0	27,0	189		Adpter Campana 1/2
13	A CAMPANA 3/4	16	30,0	35,0	26,7	187		Adpter Campana 3/4
14	TAPA 4	1	35,0	45,0	29,5	310	2015	Tapa 4 Perforaciones para Breaker
15	TAPA 6	1	35,0	35,0	29,5	241	2015	Tapa 6 Perforaciones para Breaker
16	TAPA 8	1	42,0	45,0	29,5	372	2013	Tapa 8 Perforaciones para Breaker
17	TAPA 12	1	47,0	45,0	29,5	416	2013	Tapa 12 Perforaciones para Breaker
18	PUERTA 4-6	2	47,0	50,0	32,0	501	2015	Puerta para Tapa 4 y 6
19	PUERTA 8-12	2	66,1	32,4	50,0	714	2013	Puerta para Tapa 8 y 12
20	TAPA KOR	4	30,0	30,0	23,3	139	2014	Tapa para Breaker
21	RSLP	8	32,0	26,0	26,0	144	2021	Regleta Soporte Laton Plastica
22	BS125B	4	45,0	35,0	37,5	394		Base 125 Bifasica
23	BS125T	2	30,0	38,0	34,5	262		Base 125 Trifasica
24	REN	4	30,0	30,5	23,0	140		Regleta Nueva
25	BS95B	2	30,0	35,0	29,5	206	2013	Base 95 Bifasica
26	BS95M	2	30,0	35,0	33,0	231	2015	Base 95 Monofasica
27	BSCENTRO125B	8	37,0	23,0	26,3	149		Base Centro 125 Bifasica
28	BSCENTRO125T	4	30,0	30,0	27,5	165		Base Centro 125 Trifasica
29	BS 225 UNIVERS	2	37,0	29,0	28,4		2023	Base 225 Trifasica
30	BS CENTRO T	4	33,0	38,0	34,5		2023	Base centro 225 Trifasica
31	RS	4	16,5	14,0	15,3	23	2008	Regleta Soporte
32	RTR	1	20,5	22,5	18,2	56	2008	Regleta Terminal Reforzada
33	RCR	2	25,0	20,0	15,0	50	2008	Regleta Central Reforzada

Nota. Datos tomados por el personal de mantenimiento.

Figura 15.

Área de cada pieza con su respectivo material de fabricación.

TERCOL		AREA APROXIMADA DE LAS PIEZAS PARA CALCULO DE PRESION DE CIERRE		
#	MATERIAL	REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	AREA APROXIMADA [cm ²]
1	POLIPROPILENO VERDE	ACAMPANA 1/2	Adaptador de campana 1/2	N/A
2		ACAMPANA 3/4	Adaptador de campana 3/4	N/A
3		ADAPTER 1/2	Adaptador de 1/2	7,33
4		ADAPTER 3/4	Adaptador 3/4	10,2
5		TUERCA 1/2	Tuerca 1/2	6,33
6		TUERCA 3/4	Tuerca 3/4	6,12
7	POLIPROPILENO BLANCO, GRIS O NEGRO	CP2X4	Caja Plastica 2X4	75,21
8		CP4X4	Caja Plastica 4X4	118,1569
9		CPOCTAGONAL	Caja Plastica Octagonal	983.039
10		TPL2X4	Tapa Lisa 2X4	75,21
11		TPL4X4	Tapa Lisa 4X4	114,9184
12		TPF4X4	Tapa Plastica Flush	72,36
13	POLICARBONATO ORIGINAL	RSLP	Regleta Soporte Laton Plastica	6,15
14		BS125B	Base 125 Bifasica	31,2
15		BS125T	Base 125 Trifasica	46,2
16		BS95B	Base 95 Bifasica	88,14
17		BS95M	Base 95 Monofasica	82,3
18		BSCENTRO125B	Base Centro 125 Bifasica	78,4458
19		BSCENTRO125T	Base Centro 125 Trifasica	77,25
20			BS 225 UNIVERSAL	Base 225 Trifasica
21	BS CENTRO T		Base centro 225 Trifasica	77,25
22	RS		Regleta Soporte	3,44
23	RTR		Regleta Terminal Reforzada	101,5
24	RCR		Regleta Central Reforzada	78,21
25	ALTOIMPACTO		CIERREB	Cierre Blanco
26		CIERREN	Cierre Negro	12,945
27		TAPA KOR	Tapa KOR	14,762
28		TAPA 4	Tapa Plastica de 4 Circuitos	528,75
29		TAPA 6	Tapa Plastica de 6 Circuitos	641,25
30		TAPA 8	Tapa Plastica de 8 Circuitos	772,475
31		TAPA 12	Tapa Plastica de 12 Circuitos	935
32		PUERTA VISOR NEGRA 4	Puerta Visor Negra de 4 Circuitos	293,75
33		PUERTA VISOR NEGRA 6	Puerta Visor Negra de 6 Circuitos	355
34		PUERTA VISOR NEGRA 8	Puerta Visor Negra de 8 Circuitos	460,32
35	PUERTA VISOR NEGRA 12	Puerta Visor Negra de 12 Circuitos	533,4	

Nota. Datos tomados por el practicante.

Una vez completos todos los datos se procede a calcular la presión se cierre, para hallar la fuerza de cierre necesaria para cada molde, se trabajará con los siguientes datos:

La superficie de la pieza inyectada proyectada en la línea de unión, es decir la presión interna producida por la inyección de esta masa y en ciertas circunstancias por la estabilidad (rigidez), del molde. De los valores empíricos para la presión interna resultan los valores orientativos indicados en la tabla para la fuerza de cierre específica, es decir la fuerza de cierre en: [ton f/cm²], [Kgf/cm²] o en [kN/cm²] también es posible en bares de la superficie proyectada de la pieza inyectada.[3]

Se presupone que las placas del molde al momento del cierre se tocan plano paralelamente y no sólo después del ajuste plano paralelo de la fuerza de cierre.

5.2 Determinar la fuerza de cierre:

Hay que tener en cuenta un aspecto importante, en piezas de pared delgada se necesitan fuerzas de cierre más altas (fuerza de mantenimiento). Las fuerzas de cierre necesarias (fuerza de mantenimiento) en la fase de llenado son superiores en las piezas de pared delgada. Hay muchas formas de calcular la fuerza de cierre, todas ellas serán aproximadas pero la más acertada será la primera, para nuestros ejemplos tomaremos en especial tres:

Donde:

$$FC = \text{fuerza de cierre [kN]}$$

$$Z = \text{numero de cavidades del molde.}$$

$$A_p = \text{superficie proyectada de la pieza inyectada sobre la linea de unión. [cm}^2\text{]}$$

$$F.E.M = \text{factor especifico del material. [kN/cm}^2\text{]}$$

Ecuación:

$$FC = A_p[\text{cm}^2] * F.E.M[\text{kN/cm}^2] * Z$$

Las fuerzas de cierre necesaria (fuerzas de mantenimiento) en la fase de llenado son superiores en las piezas de pared delgada.[3]

Tabla 4.
Datos de los materiales plásticos usados en las inyectoras.

MATERIAL	Kgf/cm2	kN/cm2	Bares	Contracción%	Melt-flow
TERMOPLASTICOS AMORFOS					g/cm ³
PS (Poliestireno)	155-310	1,5-3,5	150-350	0,2-0,8	1,04(0.87)
SB (estireno butadieno)	350-560	2,0-4,0	200-400	0,4-1,0	1,1(0.86)
SAN(estireno acrinolato nitrilo)	388-462	2,5-4,5	250-450	0,2-0,6	1,1(0.93)
ABS (acrinolato butadieno estirenico)	388-620	3,0-5,5	300-500	0,4-0,7	1,01(0.93)
PVC duro (cloruro de polivinilo)	210-465	2,5-5,0	250-500	0,2-0,6	1,35(1,18)
PVC blando (cloruro de polivinilo)	233-380	1,5-3,0	150-300	1,5-3,0	1,16(0,99)
CA (acetato de celulosa)	155-310	2,5-4,5	250-450	0,3-0,7	1,1(0,93)
CAB (Butirato de acetato de celulosa)	141-282	2,5-4,5	250-450	0,2-0,5	1,24(1,07)
CP (Propionato de celulosa)	160-550	2,0-3,5	200-350	0,2-0,5	1,18(1,01)
PMMA (Polimetilmetacrilato) acrílico	310-620	3,5-5,5	350-550	0,2-1,0	1,17(1,0)
PPE (Éter de polifenileno)	281-563	3,5-6,0	350-600	0,6-0,7	1,1(0,93)
PC (policarbonato)	465-775	3,5-6,5	350-650	0,6-0,8	1,2(1,03)
PSU (Polisulfona)	844-1406	4,0-6,0	400-600	0,6-0,7	1,24(1,07)
PEI (Polieterimida) (alias Ultem)	562-1300	3,5-6,5	350-650		
PAI (Poliamida-Imida)	870-1500	4,5-7,5	450-750		
TERMOPLASTICOS SEMICRISTALINOS					
PE HD (Duro)	211-352	2,0-6,0	200-600	1,5-4,0	0,94(0,77)
PELD (Blando)	155-310	2,2-6,0	220-600	1,7-4,2	0,91(0,74)
PP	233-390	3,0-6,0	300-600	1,0-3,0	0,91(0,74)
PA 4.6(Poliamida)	141-280	4,5-7,5	450-750	0,9-1,4	1,14(0,97)
PA 6 (Poliamida)	562-703	3,5-5,5	350-550	1,0-1,5	1,15(0,98)
PA 6.6 (Poliamida)	562-703	4,5-7,5	450-750	1,0-2,0	1,14(0,97)
PA 6.10 (Poliamida)	211-180	3,0-5,0	300-500	1,2-2,3	1,08(0,91)
PA 6.11-12(Poliamida)	211-181	3,5-5,5	350-550	1,1-2,2	1,08(0,91)

PA amorfo	620-775	3,5-4,5	350-450	0,6-1,1	
POM (Polioximetileno) (Acetal)	465-783	5,5-10,5	550-1050	2,0-3,5	1,41(1.23)
PET (Tereftalato De Polietileno)	620-930	4,5-7,5	450-750	1,8-2,1	1,37(1,21)
PBT (Tereftalato de Polibutileno)	565-620	4,0-7,0	400-700	1,5-2,0	1,13(1.13)

Nota. Fuente [3]

A continuación, se muestran los siguientes ejemplos para que el lector pueda comprender como se calculan dichos datos.

$$- FC = Ap \text{ (cm}^2\text{)} \times \text{F.E.M (Kn/cm}^2\text{)}$$

Para una pieza inyectada en polipropileno hay que sacar la fuerza de cierre media especifica que sería = 3 kN/cm².

Resulta así: para una pieza en polipropileno rectangular de 28,5 cm x 15 cm su área sería de 427.5 cm², hay que ajustar una fuerza de cierre así: 3 kN/cm² x 427,5 cm² = 1282kN.

Convertir KN a toneladas métricas se divide entre 10 = 1282 KN/ 10KN/ton = 128ton.

$$FC = 4 \left[\frac{kN}{cm^2} \right] * Ap[cm^2]$$

$$FC = 4 \left[\frac{kN}{cm^2} \right] * 427,5[cm^2]$$

$$FC = 1710 \left[\frac{Kn}{10} \right]$$

$$FC = 171 [Ton]$$

También se puede tomar el cálculo de la siguiente tabla donde se multiplicará el factor por el área proyectada de la pieza y dará un cálculo aproximado (el factor también dependerá de la fluidez del material).[3]

Figura 16.

Datos complementarios obtenidos en la experimentación.

Resina	ton/in ²	ton/cm ²
PS (GPPS)	1.0 - 2.0	0.155 - 1.31
PS (GPPS) (paredes delgadas)	3.0 - 4.0	0.465 - 0.62
HIPS	1.0 - 2.0	0.155 - 0.31
HIPS (paredes delgadas)	2.5 - 3.0	0.388 - 0.543
ABS	2.5 - 4.0	0.388 - 0.62
ABS (SAN)	2.5 - 3.0	0.388 - 0.465
ABS (SAN) (flujos largos)	3.0 - 4.0	0.465 - 0.62
LDPE	1.0 - 2.0	0.155 - 0.31
HDPE	1.5 - 2.5	0.233 - 0.388
HDPE (flujos largos)	2.5 - 3.5	0.388 - 0.543
PP (Homo / Copolímero)	1.5 - 2.5	0.233 - 0.388
PP (H/Co) (flujos largos)	2.5 - 3.5	0.388 - 0.543
PPVC (blando)	1.5 - 2.5	0.233 - 0.388

Nota. Fuente [3]

Figura 17.

Datos complementarios obtenidos en la experimentación.

Resina	ton/in ²	ton/cm ²
UPVC (rígido)	2.0 - 3.0	0.31 - 0.465
PA6, PA66	4.0 - 5.0	0.62 - 0.775
PMMA	2.0 - 4.0	0.31 - 0.62
PC	3.0 - 5.0	0.465 - 0.775
POM (Homo / Copolímero)	3.0 - 5.0	0.465 - 0.775
PET (Amorfo)	2.0 - 2.5	0.31 - 0.388
PET (Cristalino)	4.0 - 6.0	0.62 - 0.93
PBT	3.0 - 4.0	0.465 - 0.62
CA	1.0 - 2.0	0.155
PPO-M (no reforzado)	2.0 - 3.0	0.31 - 0.465
PPO-M (reforzado)	4.0 - 5.0	0.62 - 0.775
PPS	2.0 - 3.0	0.31 - 0.465

Los datos son valores orientativos, que surgen de la práctica

Nota. Fuente [3]

Para determinar si la pieza requiere una maquina con más exactitud, se debe considerar con mayor precisión la influencia del espesor de la pieza inyectada (considerando el menor espesor en todo el recorrido de la resina) y considerando el largo del flujo de la resina desde el punto de inyección hasta el punto más lejano. Se denominará la consideración de flujo/espesor de pared, esta dirá si la pieza es de pared delgada o gruesa.

$R = L/E$, como estándar se toma $R=200$

Las relaciones por encima de 200 se tratarán como pared delgada (requiere maquina especial)

Las relaciones por debajo de 200 se tratarán como pared gruesa (requiere maquina estándar)

Diagrama relación L/R.[3]

5.3 Observar

Masas de alta viscosidad causan presión interna más alta. Con masas de alta viscosidad la relación carrera flujo I espesor de la pared L/E no tiene que ser más de 200/1; si es necesario elegir otras inyectoras especiales.

Flujos largos o extensos generan mayor presión dentro de la cavidad, por consiguiente, se incrementará la presión de cierre y viceversa.

El recorrido de flujo se vuelve difícil por el espesor de la pieza, el flujo con un espesor de pared de 0,7mm es difícil de inyectar cuan supera los 90 mm de recorrido y una pieza de 2,2 mm de espesor es difícil de inyectar cuando sobrepasa los 400mm.[3]

La relación L/E que no debe sobrepasar los 200:1 y no debe ser inferior a 40:1, si estos valores se sobrepasan quiere decir que debes buscar una maquina especial que cumpla esas exigencias.

Ejemplo si tienes una relación de:

400:1 se tomará como pared delgada y esto ocasionará: mayor fuerza de cierre, mayor presión de inyección, mayor velocidad de inyección, materiales más fluidos, mayor presión en la cavidad, mayor pérdida de propiedades..... etc.

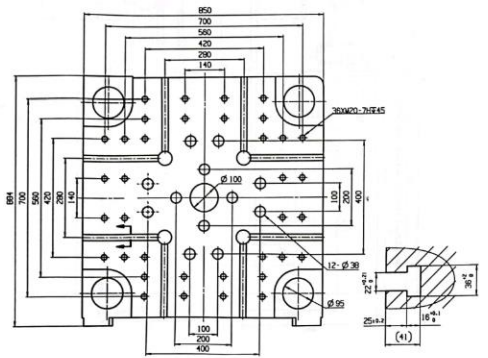
Si esta relación es menor de 200:1 será todo lo contrario por que se tomará como pared gruesa.[3]

5.4 Área aplicada de trabajo.

Además de las presiones es necesario conocer el área de la placa, donde va instalado el molde, puesto que el molde no puede superar dicha área de trabajo o tampoco ser demasiado baja, dicha área se obtiene del manual de la inyectora:

Figura 18.

Dimensiones del área de trabajo para la inyectora 1.



Designed/Date: Zhang Yu 2012-2-11 Checked/Date: Jin Jing 2012-2-11

Nota. Fuente Manual inyectora Haitian Serie Mars.

Tabla 5.

Área de trabajo de cada inyectora.

INYECTORA	AREA DE TRABAJO MAXIMA [cm ²]
INYECTORA 1	2809
INYECTORA 2	1681
INYECTORA 3	3364
INYECTORA 4	3364
INYECTORA 5	1681
INYECTORA 6	3364
INYECTORA 7	4356

Nota. Fuente Manual inyectora Haitian Serie Mars.

6. Resultados

Con las ecuaciones y los datos mostrados con anterioridad, se procede a calcular las presiones de cierre para los 3 para cada molde, y luego estos se compararán con las presiones máximas que puede manejar cada inyectora y sus áreas de trabajo, estos datos fueron obtenidos de los manuales de las inyectoras.

6.1 Calculo de presiones de cierre para moldes de policarbonato.

A continuación, se muestran los resultados dependiendo de los datos obtenidos para las presiones de cierre calculadas de los moldes que trabajan con policarbonato, haciendo uso de Excel.

Figura 19.

Fuerzas de cierre para inyectoras 2 y 5 con moldes de trabajo con policarbonato.

INYECTORAS (INY-02) y (INY-05)								
CODIGO MOLDE	CAVIDADES [#]	FUERZA CIERRE CALCULADA [TON]	FUERZA CIERRE [TON]	COMPARACION DE FUERZAS[%]	CUMPLE	AREA DISPONIBLE [cm ²]	AREA DE MOLDE [cm ²]	OCUPACION DE AREA [%]
RSLP	8	22	120	18%	SI	1681	832	49%
BS125B	4	182	120	152%	NO	1681	1575	94%
BS125T	2	126	120	105%	NO	1681	1140	68%
REN	4	24	120	20%	SI	1681	915	54%
BS95B	2	80	120	67%	SI	1681	1050	62%
BS95M	2	115	120	96%	SI	1681	1050	62%
RS	4	7	120	6%	SI	1681	231	14%
RTR	1	46	120	38%	SI	1681	461,25	27%
RCR	2	70	120	58%	SI	1681	500	30%
BS 225 UNIVERSAL	2	126	120	105%	NO	1681	1073	64%
BS CENTRO T	4	162	120	135%	NO	1681	1254	75%
BSCENTRO125B	8	88	120	73%	SI	1681	851	51%
BSCENTRO125T	4	65	120	54%	SI	1681	900	54%

De los datos mostrados anterior mente se concluye que los moldes que no cumplen con una fuerza de cierre que sea menor a la que puede ofrecer la inyectora, y con un área de trabajo que este en el rango permitido para no causar daños en la placa de la inyectora, deberán ser usados en una inyectora de mayor capacidad, este sería la inyectora 3, además de las inyectoras 4, 6 y 7.

Figura 20.

Moldes de policarbonato que cumplen para inyectoras 2 y 5.

DISPONIBILIDAD DE INYECTORAS (INY-02) E (INY-05) DE 120 TONELADAS					
CODIGO MOLDE	# CAVIDADES	FUERZA CIERRE CALCULADA [TON]	FUERZA CIERRE [TON]	CALIBRACION EN BAR	FUERZA DE CIERRE [%]
RSLP	8	22	120	25,66	18
REN	4	24	120	28,51	20
BS95B	2	80	120	92,54	66
BS95M	2	115	120	134,42	96
RS	4	7	120	7,22	5
RTR	1	46	120	53,28	38
RCR	2	70	120	82,12	59
BSCENTRO125B	8	88	120	50,96	36
BSCENTRO125T	4	65	120	75,46	54

Figura 21.

Moldes de policarbonato que cumplen para inyectora 3.

MOLDES PARA LA INY-03 DE 250 TONELADAS					
CODIGO MOLDE	# CAVIDADES	FUERZA CIERRE CALCULADA [TON]	FUERZA CIERRE [TON]	CALIBRACION EN BAR	FUERZA DE CIERRE [%]
BS125B	4	182	250	70,25	50
BS125T	2	126	250	101,6	73
BS 225 UNIVERSAL	2	126	250	70,56	50
BS CENTRO T	4	162	250	77,84	56

Inyectoras 1, 4, 6 y 7 no se tienen en cuenta en los cálculos puesto que para trabajar policarbonato se necesita atemperador, y dichas inyectoras no cuentan con dicho dispositivo para tener el molde a una temperatura tan específica.

6.2 Cálculo para presiones de cierre con moldes de polipropileno

Haciendo uso de los datos para los moldes de polipropileno y con una $F.E.M = 3 \left[\frac{kN}{cm^2} \right]$ se obtienen las siguientes presiones de cierre:

Figura 22.

Fuerzas de cierre y áreas de trabajo para inyectoras 2 y 5 con moldes de polipropileno.

INYECTORAS (INY-02) y (INY-05)								
CODIGO MOLDE	CAVIDADES [#]	FUERZA CIERRE CALCULADA [TON]	FUERZA CIERRE [TON]	COMPARACION DE FUERZAS[%]	CUMPLE	AREA DISPONIBLE [cm ²]	AREA DE MOLDE [cm ²]	OCUPACION DE AREA [%]
CP2X4	8	181	120	150%	NO	1681	3281,25	195%
CP4X4	8	284	120	236%	NO	1681	2756	164%
CPOCTAGONAL	8	786	120	655%	NO	1681	4399	262%
TPL2X4	2	45	120	38%	SI	1681	756	45%
TPL4X4	2	69	120	57%	SI	1681	1517	90%
TPF4X4	8	174	120	145%	NO	1681	2623	156%
ADAPTER 1/2	12	26	120	22%	SI	1681	2080	124%
ADAPTER 3/4	12	37	120	31%	SI	1681	1850	110%
TUERCA 1/2	12	27	120	22%	SI	1681	1050	62%
TUERCA 3/4	12	26	120	21%	SI	1681	1200	71%
ACAMPANA 1/2	N/A	N/A	120	N/A	N/A	1681	N/A	0%
ACAMPANA 3/4	N/A	N/A	120	N/A	N/A	1681	N/A	0%

Figura 23.

Moldes de polipropileno que cumplen para inyectoras 2 y 5.

DISPONIBILIDAD DE INYECTORAS (INY-02) E (INY-05) DE 120 TONELADAS					
CODIGO MOLDE	# CAVIDADES	FUERZA CIERRE CALCULADA [TON]	FUERZA CIERRE [TON]	CALIBRACION EN BAR	FUERZA DE CIERRE [%]
TPL2X4	2	45,126	120	53	38
TPL4X4	2	68,95	120	80	57
ADAPTER 1/2	12	26	120	30	22
ADAPTER 3/4	12	36,72	120	43	31
TUERCA 1/2	12	6,3648	120	7	5
TUERCA 3/4	12	6,5448	120	8	5

Figura 24.

Moldes de polipropileno que cumplen para inyectora 3.

MOLDES PARA LA INY-03 DE 250 TONELADAS					
CODIGO MOLDE	# CAVIDADES	FUERZA CIERRE CALCULADA [TON]	FUERZA CIERRE [TON]	CALIBRACION EN BAR	FUERZA DE CIERRE [%]
CP2X4	8	180,504	250	101	72
CP4X4	8	283,57	250	159	113
CPOCTAGONAL	8	786,43	250	440	315
TPF4X4	8	173,664	250	97	69

Al igual que la inyectora 3, las inyectoras 4, 6, 1 y 7 cumplen para los moldes ya que su fuerza de cierre no supera el límite máximo que pueden manejar dichas inyectoras.

6.3 Cálculo de presiones de cierre para moldes con alto impacto

Haciendo uso de los datos para los moldes de ABS y con una F.E.M= 3KN/cm², se obtienen las siguientes presiones de cierre:

Figura 25.

Fuerzas de cierre y áreas de trabajo para inyectoras 2 y 5 con moldes de alto impacto.

MAQUINAS HOY (INY-02) y (INY-05)								
CODIGO MOLDE	# CAVIDADES	FUERZA CIERRE CALCULADA (TON)	FUERZA CIERRE (TON)	OCUPACION %	CUMPLE	AREA DISPONIBLE (cm)2	AREA DE MOLDE (cm)2	OCUPACION %
CIERRE BLANCO	2	8	120	6%	SI	1681	893,75	53%
CIERRE NEGRO	2	8	120	6%	SI	1681	893,75	53%
TAPA KOR	4	18	120	15%	SI	1681	900	54%
TAPA 4	1	159	120	132%	NO	1681	1575	94%
TAPA 6	1	192	120	160%	NO	1681	1225	73%
TAPA 8	1	232	120	193%	NO	1681	1890	112%
Tapa 12	1	281	120	234%	NO	1681	2209	131%
PUERTA VISOR NEGRA 4	2	176	120	147%	NO	1681	2350	140%
PUERTA VISOR NEGRA 6	2	213	120	178%	NO	1681	2350	140%
PUERTA VISOR NEGRA 8	2	276	120	230%	NO	1681	2142	127%
PUERTA VISOR NEGRA 12	2	320	120	267%	NO	1681	2142	127%

Figura 26.
Moldes que cumplen para inyectoras 2 y 5.

DISPONIBILIDAD DE MAQUINAS (INY-02) E (INY-05) DE 120 TONELADAS					
CODIGO MOLDE	# CAVIDADES	FUERZA CIERRE CALCULADA	FUERZA CIERRE (TON)	CALIBRACION EN BAR	FUERZA DE CIERRE (%)
CIERREB	2	8	120	9	6
CIERREN	2	8	120	9	6
TAPA KOR	4	18	120	21	15

Figura 27.
Moldes que cumplen para inyectora 3.

MOLDES PARA LA INY -03 DE 250 TONELADAS					
CODIGO MOLDE	# CAVIDADES	FUERZA CIERRE CALCULADA	FUERZA CIERRE (TON)	CALIBRACION EN BAR	FUERZA DE CIERRE (%)
TAPA 4	1	159	250	89	63
TAPA 6	1	192	250	108	77
TAPA 8	1	232	250	130	93
Tapa 12	1	281	250	157	112
PUERTA VISOR NEGRA 4	2	176	250	99	71
PUERTA VISOR NEGRA 6	2	213	250	119	85
PUERTA VISOR NEGRA 8	2	276	250	155	110
PUERTA VISOR NEGRA 12	2	320	250	179	128

Se logro identificar 3 moldes que no se ajustan a los requisitos de la inyectora 3, por tal motivo deberán ser usados en inyectoras de mayor capacidad como la inyectora 7 ya que no sobrepasan

la fuerza de cierre limite que ofrece la inyectora. Con todos los resultados anteriores se logra crear la siguiente tabla que permite identificar los moldes que se pueden trabajar en las inyectoras que lo permitan.

Figura 28.

Tabla guía de uso de moldes.

INYECTORAS								
ITEM	REFERENCIA	INY-01	INY-02	INY-03	INY-04	INY-05	INY-06	INY-07
1	CP 2X4	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI
2	CP 4X4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI
3	CP OCTOGONAL	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4	CIERRE PLASTICO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
5	CONECTOR 3/4	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
6	TUERCA 3/4	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
7	CONECTOR 1/2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
8	TUERCA 1/2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
9	TPF 4X4	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI
10	TPL 4X4	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
11	TPL 2X4	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
12	A CAMPANA 1/2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
13	A CAMPANA 3/4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
14	TAPA 4	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI
15	TAPA 6	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI
16	TAPA 8	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI
17	TAPA 12	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
18	PUERTA 4-6	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI
19	PUERTA 8-12	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI
20	TAPA KOR	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
21	RSLP	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
22	BS125B	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI
23	BS125T	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI
24	REN	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
25	BS35B	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
26	BS35M	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
27	BSCENTRO125B	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
28	BSCENTRO125T	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
29	BS 225 UNIVERSAL	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI
30	BS CENTRO T	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI
31	RS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
32	RTR	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
33	RCR	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Las inyectoras Haitian manejan el dato de la presión en porcentaje de 0 a 100, es por esta razón que se debe conocer la presión exacta de trabajo de cada molde, para reducir la probabilidad de que un operario digite una presión que sobrepase la presión de trabajo, y evitar posibles atascamientos de los moldes, daños en el sistema hidráulico, mecanismo de ajuste del moldeo, alguno otro componente como las placas que sujetan los moldes de inyección.

7. Conclusiones

Se concluye que es importante que una empresa cuente con datos de su maquinaria o activos críticos, como fichas técnicas donde se pueda identificar los límites que tiene cada maquina y no ponerla a trabajar en sobre esfuerzo, la falla presentada en la inyectora 1 de debía que como fue la primera inyectora en llegar a la empresa esta debía trabajar al máximo de su capacidad con todos los moldes que le eran instalados y al quedar estos atorados se recurría a abrirlos con herramientas hidráulicas, lo que generaba daños en la inyectora y sus sistema hidráulico.

El personal y supervisores del área de inyección que trabajan con los equipos, entienden que mientras la maquina soporte el molde esta puede trabajar. El verdadero problema viene cuando por estas malas prácticas la inyectora sufre un daño considerable, lo que la deja parado un equipo por largos lapsos de tiempo, limita la producción de la empresa.

Al analizar los datos de las presiones de cierre y compararlos, las piezas de espesor grueso con las de espesor delgado, se evidencia que en efecto cuando la pared es más delgada la presión de cierre del molde debe ser mayor, eso se puede explicar con la relación flujo espesor de pared. Además de que es importante que los datos y la información estén al alcance de todos, no solo supervisores y jefes, sino todo el personal operario, técnico, administrativo etc.

8. Recomendaciones

Una vez concluido el proyecto de mejora en los procesos de lubricación para las inyectoras y la prevención de fallos por mal manejo de los moldes y presiones de cierre, se dejan las siguientes recomendaciones para la mejora continua del área de inyección.

Capacitar al personal operario de inyección para que se encarguen de tareas triviales, como lo es la limpieza de los filtros de los succionadores plásticos, de esta forma se le retiraría carga al personal de mantenimiento.

Usar las cartas de lubricación a modo de fichas de mantenimiento autónomo donde se pueda garantizar que las líneas de lubricación estén en buen estado y no presenten goteos, al diseñar un formato o carta de lubricación relativamente sencillo el personal operario puede hacer uso de dichas cartas a modo de fichas de mantenimiento autónomo.

9. Referencias

- [1] *Reemplaza a: : Shell Omala S2 G y Shell Omala F Shell Omala S2 GX 150.* (n.d.). Retrieved July 22, 2024, from <http://www.epc.shell.com/>
- [2] *TPM o cómo aumentar la disponibilidad y la eficiencia en tu fábrica.* (n.d.). Retrieved July 22, 2024, from <https://mapex.io/news/tpm-o-como-aumentar-la-disponibilidad-y-eficiencia-de-los-equipos/>
- [3] *Fuerza de cierre (clamping force) | Tecnología de los Plásticos.* (n.d.). Retrieved July 22, 2024, from <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/08/fuerza-de-cierre-clamping-force.html>
- [4] Sena. (1990) Principios de lubricación (1ª ed). SENA.
- [5] Tokutaro Suzuki. (1995) “TPM en industrias de proceso”. Japan Institute of plant maintance.

10. Anexos

Las siguientes imágenes corresponden a la intervención realizada por el área de mantenimiento para la reparación de los retenedores de aceite en la inyectora #3 una de las cuales trabajaba con los moldes que demandaban mayor presión de cierre.

- **Imágenes:**
Proceso de reparación de los retenedores de aceite.

CARTAS DE LUBRICACION Y CALCULO DE PRESIONES DE CIERRE EN INYECTORAS PLASTICAS HAITINA SERIE MARS COMO METODOLOGIA TPM EN EL GRUPO EMPRESARIAL TERCOL S.A.S

