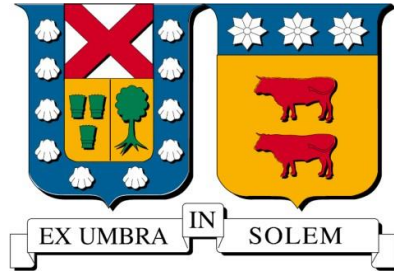


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
VALPARAÍSO – CHILE



**“PROPUESTA PARA MEJORA DE LA
PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA
PRODUCTORA DE TRANSMISIONES”**

SEBASTIÁN IGNACIO FLORES FUENTES

**MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL MECÁNICO
MENCIÓN PRODUCCIÓN**

PROFESOR GUÍA: ING. RAFAEL MENA Y.

PROFESOR CORREFERENTE: ING. LUIS GUZMAN B.

Octubre – 2020

AGRADECIMIENTOS

A mi núcleo familiar, a mi madre y a mi padre por estar siempre presentes, tanto económica como emocionalmente, a mi hermano Nicolás, que siempre me apoyó y me impulsó para seguir adelante cuando las cosas se veían difíciles.

A mis amigos del equipo de rugby de la universidad, que, con su apoyo, hicieron de estos años muchos momentos agradables, y me enseñaron sobre el valor de la amistad.

A mi consejera Tania Vallejos, que me ayudó a levantarme y a conocerme, a abrir los ojos ante los problemas y no dar marcha atrás.

Y, por último, y no menos importante, a todo el personal docente de la universidad que mostró motivación por enseñar, y responder las inquietudes que como estudiante y adulto joven uno puede tener.

RESUMEN

El presente trabajo de título se desarrolló en la empresa Renault CORMECANICA S.A., el que tuvo como propósito el generar una mejora de productividad para el área, con una propuesta para el reposicionamiento y reconfiguración del banco de prueba (BJB-01).

Esta máquina cumple la función de la realizar el control final de las cajas de cambio de una de las líneas de montaje (Jxx), cerciorándose que no exista falla alguna en el producto final.

Al recaudar los datos de rendimiento operacional, dentro de los primeros 3 meses del año 2019, se evidenció un promedio de un 56%, la causa de esto es estudiada a través de técnica lean mediante la observación continua de todos los puestos de trabajos involucrados y el método de los “5 ¿Por qué?” y “4M”.

La causa raíz revelada es debido a una falta de comunicación y bajo abastecimiento del banco de prueba. Dejando en evidencia una inactividad, por la falta de abastecimiento, promedio, de los puestos de trabajo dentro del banco de pruebas, de un 52%. Por lo que como medida correctiva se realiza una reubicación y una reconfiguración, para el aumento del rendimiento operacional. Para llevar esta acción a cabo, se estudió y se generó información técnica de la máquina, debido a que esta no existía en los registros de la empresa, se realizó la generación de planos, con dimensiones generales y la clasificación de principales componentes de la máquina.

Para la implementación de la propuesta fue necesario consultar a una empresa externa, que, afortunadamente, realizaba todas las labores necesarias, desde la ingeniería básica, hasta la ingeniería de detalle, por una suma total de \$13.381.508 [CLP]. Contrastando esto con el costo de ineficiencia y el aumento de la productividad (30% como mínimo), y debido al poder económico de la empresa, se obtiene un PayBack de 0,11 [Año], generando ganancias económicas en menos de 2 meses y un impacto logístico, una vez implementada la propuesta descrita.

ABSTRACT

The present work of title was developed in the company Renault CORMECANICA S.A., which had the purpose of generating a productivity improvement for the area, with a proposal for the repositioning and reconfiguration of the test bench (BJB-01).

This machine fulfills the function of carrying out the final control of the gearboxes of one of the assembly lines (Jxx), making sure that there is no fault in the final product.

When collecting the operational performance data, within the first 3 months of the year 2019, an average of 56% was evidenced, the cause of this is studied through lean technique, with the continuous observation of all the jobs involved and the method of the "5 Why?" and "4M".

The root cause revealed is due to a lack of communication and low supply of the test bench. Leaving evidence of the inactivity, due to the lack of supply, on average, of the jobs within the test bench, of 52%. Therefore, as a corrective measure, a relocation and a reconfiguration are carried out, to increase operational performance. To carry out this action, the technical information of the machine was studied and generated, since it did not exist in the company's records, the generation of drawings, with general dimensions and the classification of the main components of the machine.

For the implementation of the proposal, it was necessary to consult an external company, which, fortunately, carried out all the necessary tasks, from basic engineering to detailed engineering, for a total sum of \$ 13,381,508 [CLP]. Contrasting this with the cost of inefficiency and increased productivity (30% minimum), and due to the economic power of the company, a PayBack of 0.11 [Year] is obtained, generating economic profits in less than 2 months and a logistical impact, once the described proposal has been implemented.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	Introducción	1
2.	Objetivos	2
2.1	Objetivo general.....	2
2.2	Objetivos específicos.....	2
3.	Descripción del área productiva de la empresa cormecanica s.a. (CMC)	3
4.	Descripción de la caja de velocidades Jxx	9
5.	El banco de pruebas BJB-01 y sus capacidades	12
5.1	Banco de pruebas BJB-01	12
5.1.1	Objetivo del banco de pruebas	12
5.1.2	Funcionamiento teórico del banco.....	12
5.1.3	Funcionamiento actual del banco	12
5.1.4	Descripción técnica del banco.....	13
5.1.5	El flujo en el cual está contenido el banco de pruebas BJB-01	22
6.	Rendimiento operacional del banco de pruebas.....	26
7.	Aplicación de técnicas lean manufacturing en el flujo y los puestos de trabajo (1)	27
7.1	Operador del banco de pruebas	29
7.2	Operador auxiliar del banco de pruebas	30
7.3	Grúa al final de la línea Jxx (Azul).....	31
7.4	Grúa de despachos.....	32
7.5	Remolque (preparador de horquillas).....	33
7.6	Análisis de causa raíz.....	35
8.	Propuesta de la reubicación y reconfiguración del banco	38
8.1	Reubicación del banco de prueba	38
8.1.1	Potencia hidráulica	38
8.1.2	Potencia neumática	39
8.1.3	Potencia eléctrica	39
8.1.4	Dimensiones.....	39
8.2	Reconfiguración del banco de pruebas	41
9.	Análisis económico de la rentabilidad del proyecto.....	45
9.1	Cuantificación del costo de ineficiencia con respecto a los tiempos muertos de la mano de obra. 45	
9.1.1	Operador del banco de pruebas	46

9.1.2	Operador auxiliar del banco de pruebas	46
9.1.3	Grúa de despachos	47
9.1.4	Remolque (Preparador de horquillas)	47
9.2	Análisis del aumento en la productividad	48
9.3	Análisis de factibilidad económica	50
10.	Conclusiones y sugerencias.....	53
11.	Referencias.....	54

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1:	Vista aérea de la usina CORMECANICA S.A.	3
Imagen 2:	Esquema conceptual del flujo de piezas dentro de la fábrica.	4
Imagen 3:	Camión Big Sider	4
Imagen 4:	Célula de trabajo del piñón fijo de quinta marcha.	6
Imagen 5:	Esquema de las diversas cajas de velocidades fabricadas en la empresa. Las de color verde son los productos obsoletos, de color amarillo los que están en producción, y de color naranja las cajas de velocidades a realizar en un futuro.	8
Imagen 6:	Caja de cambios, modelo Jxx.	9
Imagen 7:	Despiece del conjunto sincronizador, cubo y collarín, o desplazable.	10
Imagen 8:	Horquilla de pasaje de marcha.	11
Imagen 9:	Fotografía exterior del banco de pruebas. Se puede visualizar la máquina y parte de la cabina.	13
Imagen 10:	Fotografía del banco de pruebas realizando un control a una caja de velocidad.	13
Imagen 11:	Palanca de cambios.	14
Imagen 12 :	Panel sensor de RPM.	14
Imagen 13:	Fotografía que destaca, en un círculo rojo, el acople punta de motor	15
Imagen 14:	Unidad de mantenimiento neumático	16
Imagen 15:	Motor trifásico (azul) y freno eléctrico (Rojo)	16
Imagen 16:	Puente de rodillos	17
Imagen 17:	Brida de agarre superior accionada	18
Imagen 18:	Brida de agarre inferior accionada	18
Imagen 19:	Carro con dispositivo anexo para el traslado de cajas de cambio	19
Imagen 20:	Descripción esquemática del flujo interno del banco de pruebas.	21
Imagen 21:	Plano de la zona de línea de montaje Jxx y el banco de pruebas.	22
Imagen 22:	Plano del área de montaje de la línea Sxx y la zona de despachos de la bodega	23
Imagen 23:	Plano del sector de la bodega donde se encuentra el operador del remolque.	24
Imagen 24:	Fotografía del remolque	25
Imagen 25:	Esquema de las 4M para el análisis de la causa raíz.	35
Imagen 26:	Nueva ubicación, teórica, de la máquina BJB-01.	40
Imagen 27:	Flujo resultante, consecuencia de la reubicación.	41

Imagen 28: Medidas generales de la cabina del banco de pruebas.	41
Imagen 29: Distancia disponible entre vigas para la reubicación del banco.	42
Imagen 30: Medidas generales de la nueva reestructuración del banco de pruebas.	42
Imagen 31: Nueva flujo interno del banco de pruebas.	43
Imagen 32: Nuevo flujo y distribución del banco de pruebas.	44
Imagen 33: Extracto de cotización con la empresa GONTEC SPA.	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Extracto de le hoja de operación de trabajo del banco de pruebas.....	20
Tabla 2: Actividades del operador del banco de pruebas y su porcentaje de tiempo utilizado en estas.	29
Tabla 3: Actividades del auxiliar de apoyo y su porcentaje de tiempo utilizado en ellas.....	30
Tabla 4: Actividades del operador de la grúa azul y su porcentaje de tiempo utilizado en ellas. .	31
Tabla 5: Actividades de la grúa de despachos y su porcentaje de tiempo utilizado en ellas.	32
Tabla 6: Actividades del remolque y su porcentaje de tiempo utilizado en ellas.	33
Tabla 7: Análisis de “los 5 por qué” y las “4M”.	36
Tabla 8: Costo de HH de cada puesto de trabajo y cantidad de operadores por día	45
Tabla 9: Aumento de productividad y cantidad de Cv correspondientes.....	48
Tabla 10: Ganancias esperadas por puesto de trabajo.....	50

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Rendimiento operacional del banco de pruebas en los primeros 3 meses del año 2019	26
Gráfico 2: Porcentaje de INA, VA y NVA del operador del banco.	29
Gráfico 3: Porcentaje de INA, VA y NVA de los operadores auxiliares.....	30
Gráfico 4: Porcentaje de INA, VA y NVA de la grúa presente al final de la línea de armado Jxx.	31
Gráfico 5: Porcentaje de INA, VA y NVA de la grúa de despachos.	32
Gráfico 6: Porcentaje de INA, VA y NVA del remolque.	34
Gráfico 7: Ganancias anuales esperadas por puesto de trabajo en CLP.....	51

GLOSARIO

- **Receta:** Documento con las variables necesarias para el tratamiento térmico de una pieza.
- **CKD:** Conjunto de piezas que vienen listos para ser ensamblados sin necesidad de un mecanizado previo (Completely Knock Down).
- **Células:** Conjunto de máquinas que realizan distintas funciones para poder mecanizar por completo una pieza.
- **Sireneo:** Ruido particular que se generaba antiguamente en las cajas de velocidades al conectar la corona diferencial con el piñón de marcha atrás.
- **PIMA:** Piñón de marcha Atrás.
- **Carro:** Estructura metálica, con ruedas, que permite el traslado de solamente una caja de cambios (imagen 19).
- **RV5:** Estructura metálica de 2,270x1,170x1,090 metros, que permite el transporte de 24 cajas de velocidades.
- **Termoformado:** Estructura de plástico que se instala dentro del RV5 para el transporte de cajas de cambio.
- **Jaula:** Sinónimo de RV5.
- **O.B:** Operador del banco de pruebas.
- **RO:** Rendimiento operacional.
- **CV:** Caja de velocidades, o caja de cambios.

1. INTRODUCCIÓN

En la industria, particularmente en el área de la producción, siempre se está buscando la innovación y la optimización de los procesos, para una disminución de costos y un aumento en la calidad del producto o servicio que se está ofreciendo. En particular el área de la industria automotriz avanza a pasos agigantados, hace unos años atrás no se imaginaban autos eléctricos y actualmente están presentes en el mercado como un producto más, es por ello que existe una alta competitividad y un anhelo de mejoras de productividad en esta área.

Particularmente en Chile, la única empresa asociada a la industria automotriz de clase mundial existente es RENAULT CORMECANICA S.A. liderando en la producción de cajas de velocidades. Siendo su desafío responder en cada momento a las demandas internacionales de sus clientes (Brasil, Argentina y Colombia), buscando, constantemente, nuevas formas de innovar y mejorar su producción, desde el punto de vista del volumen y calidad.

Es por ello que se propone un plan de mejora para el área de control y producción, mediante el reposicionamiento y reconfiguración de una máquina fundamental en la industria, el banco de pruebas BJB-01, la cual es encargada del control final de las cajas de velocidades producidas por la industria.

Este estudio se llevará a cabo mediante la utilización de las herramientas Lean Manufacturing, las cuales permiten la optimización y mejoramiento de los flujos y puestos de trabajo, además de complementar la información faltante de la máquina para su respectiva modificación, finalizando con un análisis económico y logístico sobre la rentabilidad de la propuesta presentada.

El periodo en el cual se desarrolla este estudio es durante el primer semestre del 2019, esperando que la propuesta sea aplicada la primera semana del año 2020, debido a la disponibilidad de tiempo de la empresa.

Es de importancia mencionar que, la fuente de los datos en el presente proyecto, y además las instalaciones y procesos no puede ser divulgadas, debido a un contrato de confidencialidad firmado con la empresa.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Generar una mejora de productividad para el área, con una propuesta para el reposicionamiento y reconfiguración del banco de prueba (BJB-01).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar y describir el proceso y la organización de la empresa.
- Levantamiento de capacidades y estudio técnico del banco de pruebas.
- Aplicar técnicas lean para la mejora y optimización del flujo y los puestos de trabajo.
- Complementar la información que se estime necesaria para el banco de prueba (BJB-01).
- Generar la ingeniería básica para potenciales modificaciones al sistema.
- Cuantificar la inversión y los beneficios esperados para el plan de modificación.

3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PRODUCTIVA DE LA EMPRESA CORMECANICA S.A. (CMC)

Para una mejor comprensión se describirá, en el siguiente capítulo, el contexto en el cual se desarrolla la empresa, tanto como su ubicación, sus proveedores, clientes y además su desarrollo interno de la fabricación y producción.



Imagen 1: Vista aérea de la usina CORMECANICA S.A.

La empresa CORMECANICA S.A. (CMC), fue fundada el año 1969, esta se ubica en la ciudad de Los Andes. Su ubicación, fue pensada de una forma estratégica, quedando cerca de la frontera con Argentina, y a pocos minutos de Santiago y la costa, en la cual se encuentra el puerto de Valparaíso para posibles importaciones y exportaciones.

Importando partes y piezas de España, Francia, India, Brasil y Argentina, se produce la manufactura de cajas de velocidad para vehículos. Las cuales se exportan a 3 países los cuales son Argentina, Colombia y Brasil. El cual este último posee dos clientes de la empresa CMC.

El nivel de ventas (alto o bajo) está sujeto a la demanda de los clientes, aun así, la empresa produce un total de 1.000 cajas de velocidad por día, las cuales se dividen en dos líneas de armado, la línea Jxx y la línea Sxx (Se detallará más adelante sobre las líneas de armado). La materia prima es importada y almacenada en la bodega, luego esta se lleva a la fábrica para ser manipulada según corresponda (mecanizada, o simplemente piezas que van directo a la zona de montaje). A continuación, se muestra un esquema con el diagrama de flujo de la producción de manera conceptual:

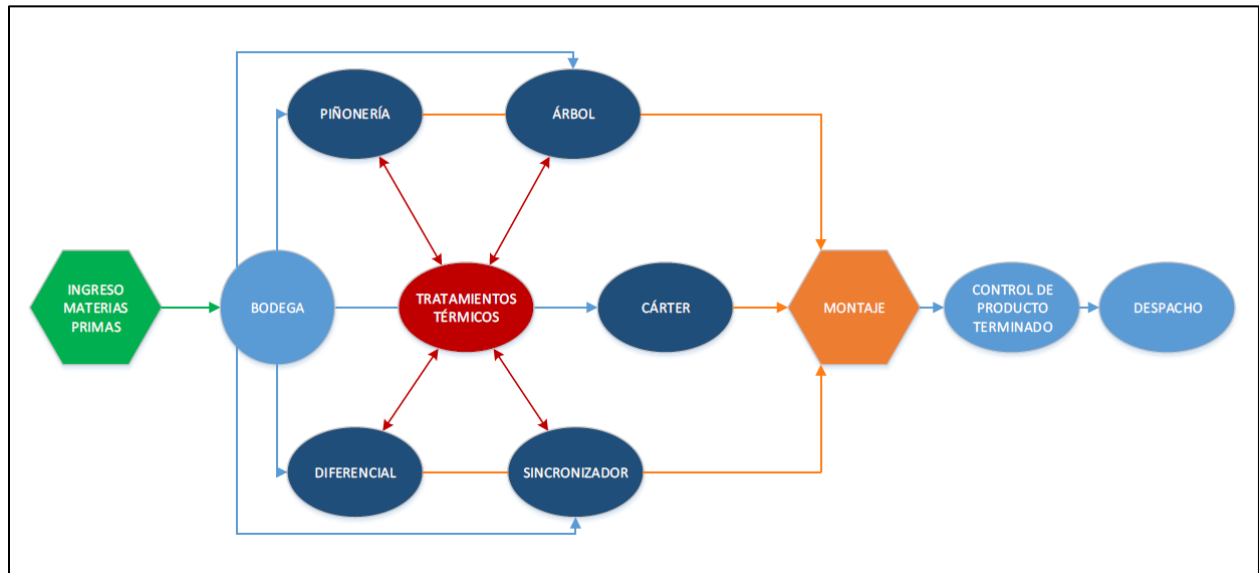


Imagen 2: Esquema conceptual del flujo de piezas dentro de la fábrica.

- **Ingreso de materias primas:** El ingreso de materias primas a la fábrica se hace mediante camiones, los cuales son descargados en la bodega misma, estos pueden ser contenedores de 20 pies o 40 pies, si es que vienen desde el puerto, o “big siders” y camiones de 20 o 10 toneladas, si es que son procedentes de países aledaños (Argentina, Brasil). Estos son descargados con grúas horquillas, e ingresados a la bodega.



Imagen 3: Camión Big Sider

- **Bodega:** En la bodega de la fábrica es donde se almacenan todos los componentes de la caja de cambios, antes de que estos entren a la zona de fabricación. Es importante destacar las distintas clasificaciones de piezas que se ingresan a la bodega:
 1. **Forja:** Material que viene en formato a granel, el cual se mecaniza dentro de la fábrica en blando, luego pasa por un tratamiento térmico según una receta específica, a continuación, se mecanizan en duro y pasan a la línea de montaje.
 2. **Completely Knock Down (CKD):** Componentes de la caja de velocidades que no se requieren mecanizar, solamente ensamblar, estos son enviados directamente a las líneas de montaje desde la bodega.
 3. **Cárter:** Estos componentes son la cubierta de la caja de velocidades las cuales están compuestas de aluminio, estas difieren de las dos anteriores debido a que no deben pasar por el proceso de tratamientos térmicos, pero aun así deben ser mecanizadas, diferenciándose así de los CKD.

Ya presentadas las clasificaciones cabe destacar que, debido al volumen disponible de la bodega de CORMECANICA para almacenar las piezas y componentes, es posible tener un stock de seguridad máximo de un total de dos semanas de producción, lo que es positivo desde el punto de vista económico, debido a que no se posee una gran cantidad de stock estático, permaneciente en bodega, sino que la mayoría está en tránsito, sea ingresando, en producción o en despacho.

- **Tratamientos Térmicos:** El área de tratamientos térmicos es donde se encuentran los hornos, baños de ácido y otros procesos particulares para cada pieza de la caja de velocidades. La mayoría de las piezas y partes se someten a un tratamiento particular, para cada modelo de caja de cambio, a este tratamiento se le llama “receta”. La receta indica los procesos que se deben realizar, hasta los factores involucrados, como variación de temperatura, tiempo y cantidad de veces que se debe repetir el proceso. Las piezas que entran al área de tratamientos térmicos, son en su mayoría piezas mecanizadas en blando, una vez estas terminan el proceso, pasan a ser piezas duras. Luego, las piezas duras, son devueltas a sus sectores respectivos (Piñonería en blando a piñonería en duro, árboles blandos a árboles en duro, etc.) para un mecanizado final antes de llegar al área de montaje.
Debido a que el proceso de tratamiento térmico dura entre 6 a 8 horas dependiendo de la receta, este sector genera un cuello de botella dentro de la fábrica, ya que la mayoría de las piezas deben pasar por esta área, enlenteciendo (en el peor de los casos) el proceso productivo total.

- **Piñonería:** El sector de piñonería de la fábrica es el en el cual se mecanizan los piñones locos, los que giran en solidario con el árbol secundario, y el piñón fijo de 5ta marcha. Los piñones del árbol primario, o piñones fijos, son mecanizados en el mismo árbol, con excepción de la 5ta marcha, es decir los piñones locos y el árbol primario forman parte de una sola pieza, por lo que se mecaniza en el sector de árbol.

Para disminuir el tiempo de mecanizado y ganar horas hombres (HH), el sector de piñonería trabaja en “células”, esto hace que el mecanizado total de un piñón sea efectuado en un lugar reducido y por un máximo de dos operadores. Se puede ver la célula del piñón fijo de 5ta marcha en la imagen 4, la cual representa lo que se desea explicar, las tres máquinas que se visualizan hacen el proceso completo, y como se puede apreciar, están una junto a la otra, lo que disminuye los desplazamientos, acelerando, de esta manera, el proceso. Esta célula de trabajo es semejante para cada piñón, tiene sus diferencias en la cantidad de máquinas y el tipo de máquinas que se desean utilizar, pero la distribución de estas es semejante, distribución que ayuda a disminuir el tiempo de mecanizado. Vale la pena mencionar que estas células se deben programar para el modelo de caja que se desea producir, si bien se habla de dos familias de cajas de velocidades (Jxx y Sxx), pero dentro de cada una de ellas existen muchas variedades (imagen 5), las cuales se diferencian, entre otras cosas por el tipo de piñón que tienen, en su número de dientes, en el diámetro, módulo, etc. A un par de piñones, para la misma caja de velocidades, es decir a un fijo y a un loco de la misma marcha se le llama cupla, las células de esta fábrica se programan por la cupla a producir.

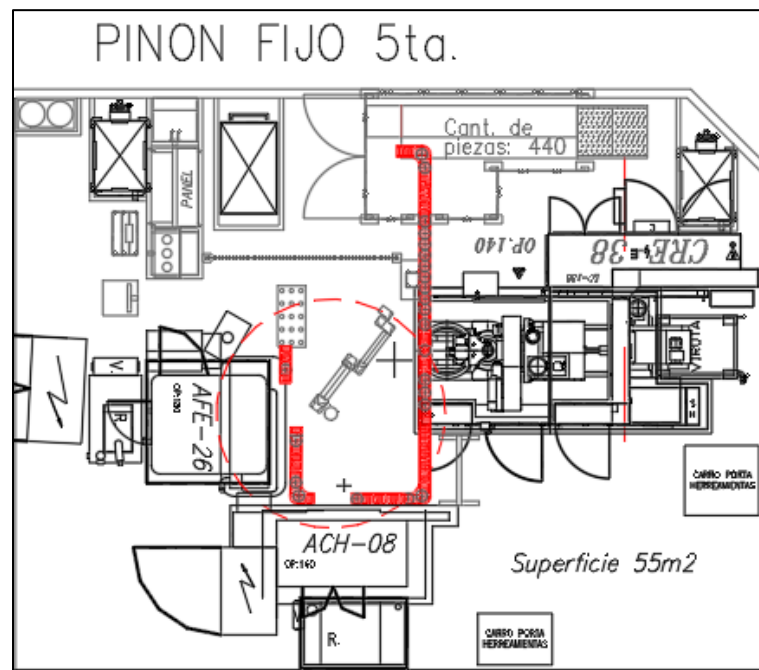


Imagen 4: Célula de trabajo del piñón fijo de quinta marcha.

- **Árbol:** El sector de árboles de la fábrica comprende al mecanizado de árbol primario y árbol secundario. Al igual que en piñonería se mecaniza en blando, luego pasa a tratamientos térmicos para ser mecanizado en duro, por lo que esto hace que conste con 4 células de trabajo, “árbol primario blando”, “árbol primario duro”, “árbol secundario blando”, “árbol secundario duro”. La forma de trabajar es similar a la de la piñonería, pero las piezas son distintas y obviamente los procesos de mecanizado también.
- **Diferencial:** El área del conjunto diferencial es dónde se mecaniza el diferencial, el cual al igual que los anteriores se mecaniza en blando, luego pasa por tratamientos térmicos y vuelve a ser mecanizado. A su vez las coronas son mecanizadas fuera de la fábrica (con una empresa externa en Santiago de Chile), una vez estas mecanizadas son unidas al diferencial, obteniendo así el conjunto diferencial corona.
- **Sincronizador:** El conjunto sincronizador consta de: el cubo, el collarín y el sincronizador en sí. El sincronizador es una pieza de bronce, la cual no se mecaniza en la industria, es una pieza que viene lista para el montaje, es decir CKD (Completely Knock Down). El cubo y el collarín pasan por el mismo proceso que las forjas anteriores, se mecanizan en blando en las células, luego son enviados a tratamientos térmicos y a continuación son nuevamente mecanizados en duro en sus respectivas células de trabajo.
- **Cárter:** El cárter de embriague y el de mecanismo, al ser forjas de aluminio no pasan por el tratamiento térmico, sólo se mecanizan en un lugar específico, por lo que su proceso es más rápido, soslayando el cuello de botella de la fábrica. Estos desde la bodega pasan a sus células de trabajo y luego son enviados a la línea de montaje en conjunto con las demás piezas, ya mecanizadas.
- **Montaje:** Una vez todas las piezas y partes descritas anteriormente son terminadas, estas son enviadas a las líneas de montaje, o líneas de ensamble. En este sector se comienzan a unir todas las partes y piezas, y la caja de velocidad comienza a tomar forma. Cada puesto de trabajo consta de un control, que asegura que la operación se realizó correctamente, lo que asegura un control de 100% en el área de montaje. La fábrica consta de dos líneas de armado, Jxx y Sxx, para el presente estudio se analizará solamente las cajas JXX, ya que estas están dentro del flujo de control del banco de pruebas que se analizará más adelante.
- **Control de producto terminado:** Una vez el proceso de montaje terminado, las cajas de velocidades pasan a ser controladas para asegurar su buen funcionamiento. Para el producto terminado las cajas de velocidades son montadas en un “banco de pruebas”, el cual simula el funcionamiento de un automóvil. La caja se monta en el banco de control y se le hacen pruebas de pasaje de marchas, de ruido de dientes, errores de cuplas etc. En este sector de la fábrica es donde se centrará este estudio, debido a que en esta área se encuentra el banco de pruebas BJB-01, en el cual se profundizará más adelante.

- **Despacho:** Una mecanizadas, ensambladas y controladas, las piezas pasan a la zona de despacho, la cual se encuentra físicamente en la bodega, estas son enviadas vía terrestre hacia Argentina y Brasil, y vía marítima hacia Colombia. Son cargadas a los camiones que ingresan a la zona de despacho mediante grúas horquillas.

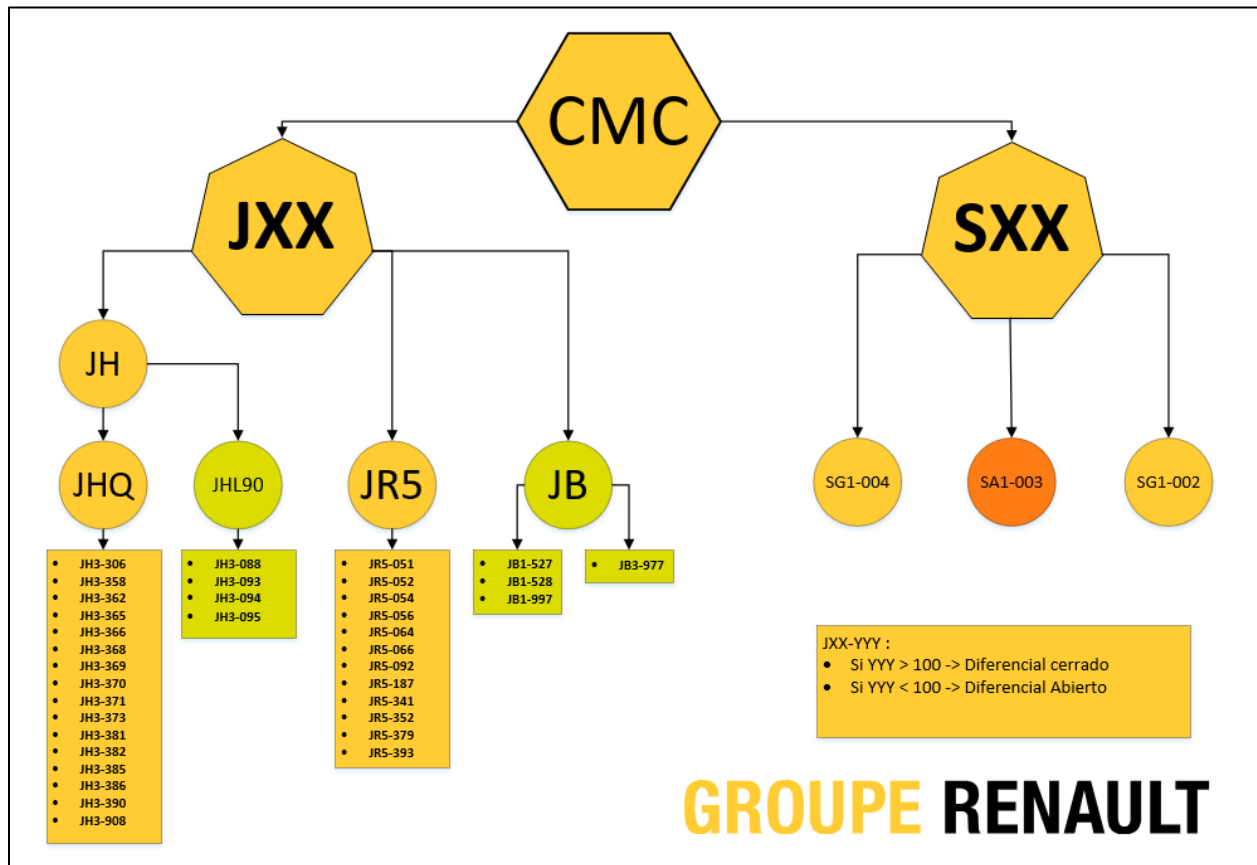


Imagen 5: Esquema de las diversas cajas de velocidades fabricadas en la empresa. Las de color verde son los productos obsoletos, de color amarillo los que están en producción, y de color naranja las cajas de velocidades a realizar en un futuro.

4. DESCRIPCIÓN DE LA CAJA DE VELOCIDADES JXX

Como se ha mencionado anteriormente, en la empresa se manufacturan cajas de velocidades. Para la mejor comprensión de este documento, se dará a conocer las componentes y el funcionamiento de manera general de una caja de velocidades Jxx.

A continuación, se presenta un dibujo de una caja de velocidades de 5 marchas explicando sus componentes generales y la funcionalidad de cada uno de ellos:

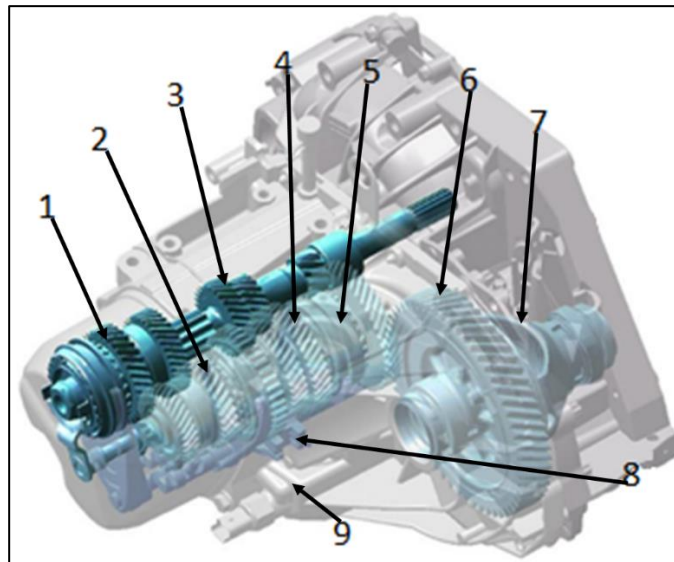


Imagen 6: Caja de cambios, modelo Jxx.

1. **Árbol primario:** Esta pieza es a la cual se le mecanizan los piñones fijos. El árbol primario recibe la potencia del motor transmitiéndola al árbol secundario por medio de la piñonería.
2. **Árbol Secundario:** Este componente recibe la potencia, a través de la piñonería, desde el árbol primario, que a su vez la recibe desde el motor. Esta pieza permite transmitir, mediante los piñones, su potencia a la corona del diferencial.
3. **Piñones fijos:** Son los piñones que giran en conjunto con el árbol primario, estos forman parte de la misma pieza y permiten que la transmisión del motor pase al árbol secundario.
4. **Piñones locos:** Son los piñones que giran solidariamente con el árbol secundario, estos no forman parte de la misma pieza, se mecanizan de forma separada, y luego son montados en la línea de montaje (o línea de ensamble).
5. **Sincronizador, cubo y collarín:** Los sincronizadores son anillos compuestos de bronce, los cuales permiten la desaceleración al momento del cambio de

marcha, estos giran en solidario con el árbol secundario. El cubo es el componente donde se acopla el sincronizador por la parte interior, y el collarín por la parte exterior, girando estos dos últimos de forma solidaria. El collarín, a su vez por el perímetro exterior, se acopla con la horquilla de pasaje de marchas, la cual lo desplaza, es por ello que también se le conoce a este componente de tres piezas como “desplazable”.



Imagen 7: Despiece del conjunto sincronizador, cubo y collarín, o desplazable.

6. **Corona del diferencial:** Esta pieza recibe la potencia desde el árbol secundario, haciendo girar el diferencial, el cual a su vez hace girar las ruedas del vehículo.
7. **Diferencial:** El diferencial es el componente que permite la transmisión de fuerzas de giro a un par de ejes que no giren solidariamente. En este caso en particular a las ruedas del vehículo cuando una gira más rápido que la otra, el ejemplo más común es cuando el vehículo debe tomar una curva, la rueda que está más cercana al centro de giro, recorre una menor distancia que la que se encuentra más lejana, por lo que la velocidad de estas no es igual en dicha situación.
8. **Horquillas de pasaje de marchas:** Esta pieza tiene la función de generar el pasaje de marchas, recibiendo la orden desde la palanca de cambios. Esta está conectada al collarín del conjunto desplazable. Al mover la palanca de cambios, esta a su vez mueve la horquilla de pasaje de marchas que, en consecuencia, desplaza al collarín haciendo que se produzca el cambio de marcha.



Imagen 8: Horquilla de pasaje de marcha.

9. **Cárter de embriague y cárter de mecanismo:** El cárter de embriague es una parte del recubrimiento de la caja de cambios, el cual protege el lado por el cual se encuentra el diferencial, su nombre se debe a que por ese costado se acopla la caja de cambios con el disco de embriague. El cárter de mecanismo, por otra parte, recubre el mecanismo de la caja de velocidades. Ambos son de forja de aluminio.

5. EL BANCO DE PRUEBAS BJB-01 Y SUS CAPACIDADES

En el presente capítulo se describirá el banco de pruebas, o banco de ruido, o banco de segunda escucha. Mencionando su ubicación, funcionalidad y capacidades dentro de la parte productiva de la empresa.

5.1 BANCO DE PRUEBAS BJB-01

5.1.1 Objetivo del banco de pruebas

El banco de prueba, o banco de segunda escucha, o banco de control auditivo, es una máquina de control que evalúa el correcto funcionamiento de las cajas de velocidades terminadas. Controlando de forma subjetiva los esfuerzos de pasajes de marcha, detectando problemas de sincronización, posible “sireneo”, además de detectar golpes en la piñonería y en la corona del diferencial.

5.1.2 Funcionamiento teórico del banco

El banco de segunda escucha fue originalmente instalado para generar un control aleatorio de cajas de velocidades una vez al día, para detectar alguna falla y aislar todo lote sospechoso. Luego cuando CMC inició negocio con NISSAN este punto de control comenzó a ser utilizado para detectar un ruido de toma constante entre el PIMA (Piñón Marcha Atrás) y el árbol primario.

5.1.3 Funcionamiento actual del banco

Por orden y exigencia del departamento de calidad de la empresa, se desean controlar el 50% de las cajas de velocidades de la línea Jxx, es decir un total de 300 cajas de cambio diarias. Además, cabe destacar que el banco es capaz de “liberar” cajas bloqueadas, esto consiste en cuando un lote de producción presenta una falla, estas son aisladas en la zona de despacho para un control adicional, una vez controladas y corregidas sus fallas, estas son regresadas a la zona de despacho para su futura exportación.

5.1.4 Descripción técnica del banco

El banco de pruebas es una máquina que simula un automóvil. El operador dentro de una cabina aislada ensambla la caja de velocidad en el banco con ayuda de un teclé y de unas bridas, y este genera los pasajes de marcha acelerando y desacelerando el motor del banco de pruebas, según sea necesario.



Imagen 9: Fotografía exterior del banco de pruebas. Se puede visualizar la máquina y parte de la cabina.



Imagen 10: Fotografía del banco de pruebas realizando un control a una caja de velocidad.

Los componentes del banco de prueba son señalados en el plano adjunto a este documento, y se describen a continuación:

1. **Palanca de cambios:** La palanca de cambios del banco de pruebas opera de igual forma que un automóvil, cuando el embrague es accionado a las RPM adecuadas, esta se desplaza de forma manual para mover, por medio de piolas de acero, las horquillas de pasaje de marcha pasando así a un cambio diferente.



Imagen 11: Palanca de cambios.

2. **Pedales:** Cumplen la función de frenar, embragar y desembragar cuando sea necesario para “pasar” los cambios.
3. **Panel sensor de RPM:** Muestra las RPM a las cuales está girando el motor, el cual le transmite la potencia a la caja de velocidad, también posee el acelerador de RPM.



Imagen 12 :Panel sensor de RPM.

4. **Acople punta de dirección:** Con la ayuda de un machón, se conecta la caja de velocidades por la parte del diferencial, con el fin de “acompañar” el giro de este.
5. **Bancada:** Es el “cuerpo” de la máquina, está hecha de acero fundido, material similar

al de un torno horizontal. Es donde todos los demás componentes y piezas están montados.

6. **Acople punta de motor:** Este acople es similar al anterior, también con la ayuda de un machón, conecta la transmisión desde el eje del motor a la caja de velocidades, haciendo entrar la potencia por el árbol primario. Simulando, así, la potencia que recibe un caja de velocidades en un automóvil convencional.



Imagen 13: Fotografía que destaca, en un círculo rojo, el acople punta de motor

7. **Disco de embriague:** Su funcionamiento es igual al de un automóvil, permite la transmisión gradual del movimiento de rotación del motor al árbol primario.
8. **Eje de motor:** Este eje permite la transmisión de potencia desde el motor hacia la caja de velocidades.
9. **Tablero eléctrico:** Es el tablero de distribución pertinente a las conexiones eléctricas de la máquina.

- 10. Unidad de mantenimiento neumático:** Es donde se encuentra el filtro de aire, y su barómetro respectivo. Este aire comprimido sirve para accionar las bridas las cuales acoplan la caja de velocidades a la bancada de la máquina.



Imagen 14: Unidad de mantenimiento neumático

- 11. Motor:** El motor de la máquina es un motor eléctrico trifásico, lo que permite que gire en ambos sentidos. Trabaja a 380 [V], con una corriente de 107 [A], y puede llegar a alcanzar una velocidad de hasta 3.000 [RPM]. La potencia eléctrica instalada para esta máquina es de 37 [KW], siendo la de trabajo un 60% de esta, es decir un total de 22,2 [KW].



Imagen 15: Motor trifásico (azul) y freno eléctrico (Rojo)

- 12. Freno eléctrico:** El freno de esta máquina es la que se encarga de la desaceleración

controlada del motor.

13. Eje de freno: Es el eje que transmite la potencia del freno eléctrico.

14. Recipiente de tapones de vaciado: Recipiente en el cual se dejan los tapones de vaciado, para que estos se sean montados en la caja de velocidades posteriormente.

Es necesario señalar que, el banco está dentro de una cabina fabricada con paneles de refrigeración para poder aislarlo del ruido de la usina. Dentro de estos paneles se encuentra la máquina en sí, y además elementos complementarios que ayudan al proceso de control:

1. Rodillos: El puente de rodillos que se puede ver en la parte superior derecha del plano, ayuda al transporte de las cajas de velocidades dentro del proceso de control del banco BJB-01. También posee un recipiente el cual recibe el aceite que bota la caja de velocidades una vez terminado su control.



Imagen 16: Puente de rodillos

- 2. Pistola de llenado de aceite:** Para efectuar el control de cajas de velocidades, estas son llenadas con 2,6 [Lt] de aceite especial para pruebas, mediante una pistola de llenado que acciona una bomba la cual transporta el aceite desde un estanque hasta la caja de velocidades. Este llenado es de accionamiento manual y constante durante 10 [s], hasta que la caja de cambios tenga un total de 2,6 [Lt] en su interior para efectuar el control.
- 3. Tecla:** Un tecla convencional con una capacidad de izaje de 2 toneladas, para poder levantar las cajas de velocidades con y sin aceite en su interior, para el montaje y desmontaje de estas en el banco de prueba.

Debido a la falta de información sobre esta máquina que posee la empresa, se describirá a continuación un elemento que no se presenta en planos ni en ningún documento presente. Este elemento se le conoce como las bridas de agarre, éstas, mediante acción neumática, hacen la labor de ajustar la caja de velocidades con la bancada de la máquina, conectando el acople de punta de motor con la caja de velocidades. A continuación, se muestran fotos reales de las bridas en su funcionamiento:

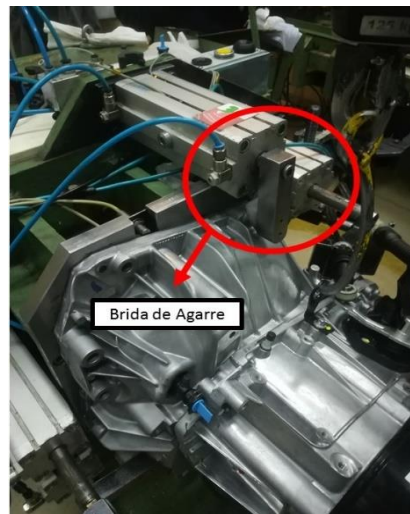


Imagen 17: Breda de agarre superior accionada

Las bridas son accionadas manualmente por el operador del banco, al momento de colocar la caja de velocidades en posición.



Imagen 18: Breda de agarre inferior accionada

5.1.4.1 Operadores y secuencia de trabajo del banco

Dentro de la cabina trabajan 3 operadores, de los cuales, uno de ellos es el que opera la máquina en sí, y los otros dos son los auxiliares de apoyo.

- **Primer auxiliar de apoyo:** El primer auxiliar de apoyo es el encargado de preparar la caja de velocidades para su control. Una vez la caja llega a la zona donde se encuentra la máquina, el auxiliar de apoyo toma la caja, con la ayuda de un tecele, y la coloca sobre un carro, el cual es trasladado dentro de la cabina junto con la caja de velocidades. A continuación, con el tecele que se encuentra dentro de la cabina, coloca la caja de cambios sobre los rodillos para el llenado de aceite, en seguida desplaza la caja por los rodillos hasta que esta esté en posición para el operador del banco.
- **Operador del banco:** El operador del banco es el que controla la caja de velocidades, una vez llena de aceite, se toma con el tecele y se ubica en el banco de pruebas, con ayuda de las bridas esta se ensambla con el eje del motor y con el acople de apoyo para luego proceder al control. Una vez terminado el control de la caja de velocidades, esta se coloca nuevamente en los rodillos. Luego el operador toma la siguiente caja ya preparada por el primer auxiliar de apoyo.
- **Segundo auxiliar de apoyo:** Es encargado de vaciar el aceite de las cajas de velocidades ya controladas y llevarlas, con la ayuda del carro, al área de cajas controladas.



Imagen 19: Carro con dispositivo anexo para el traslado de cajas de cambio

La secuencia de trabajo es relativamente simple, y se describe a continuación:

1. El operador auxiliar toma una de las cajas de velocidades a controlar y la coloca sobre el carro (imagen 19), ingresa el carro a la cabina en la cual se encuentra el banco y con un tecele coloca la caja de cambios en la mesa de rodillos, luego la llena de aceite, con la ayuda de la pistola, durante 10 [s], para que tenga un total de 2,6 [Lt].

2. Una vez la caja lista para el control, el operador del banco toma la caja de velocidades con la ayuda de un teclé y la ubica para efectuar el proceso de operación descrito en la tabla a continuación:

Acciones		Proceso de la Operación	
Previas	Caja en Posición de Ensayo		A 23/07/2019 Creación
	Bridado de Caja de Velocidad		
	Entrada Machón de Diferencial / Primario		
	Conector de comandos a “arret de gaine”		
1	Acelerar hasta 3000 [RPM]		
2	Tomar Palanca de Cambio		
3	Accionar embrague (Manual) para el cambio de cada marcha.		
4	Pasaje de marchas de forma ascendente (1era, 2da, 3era, 4ta, 5ta)		
5	Desacelerar hasta 0 [RPM]		
6	Pasajes de marchas de forma descendente (5ta, 4ta, 3era, 2da, 1era)		
7	Accionar freno para detener la BV		
8	Reversa		
9	Desacople de Bridas y machones diferencial/primario		Índice de Modificación

Tabla 1: Extracto de la hoja de operación de trabajo del banco de pruebas

Ya terminados los procesos de operación, el operador del banco deja la caja de velocidades nuevamente en la cinta de rodillos.

3. El segundo operador auxiliar saca el tapón de vaciado para que la caja de velocidades quede sin aceite, luego este la coloca sobre un carro y es transportada manualmente hacia la zona de cajas controladas. Una vez esto realizado, el operador vuelve a su primera posición en el lugar de trabajo para repetir el proceso.

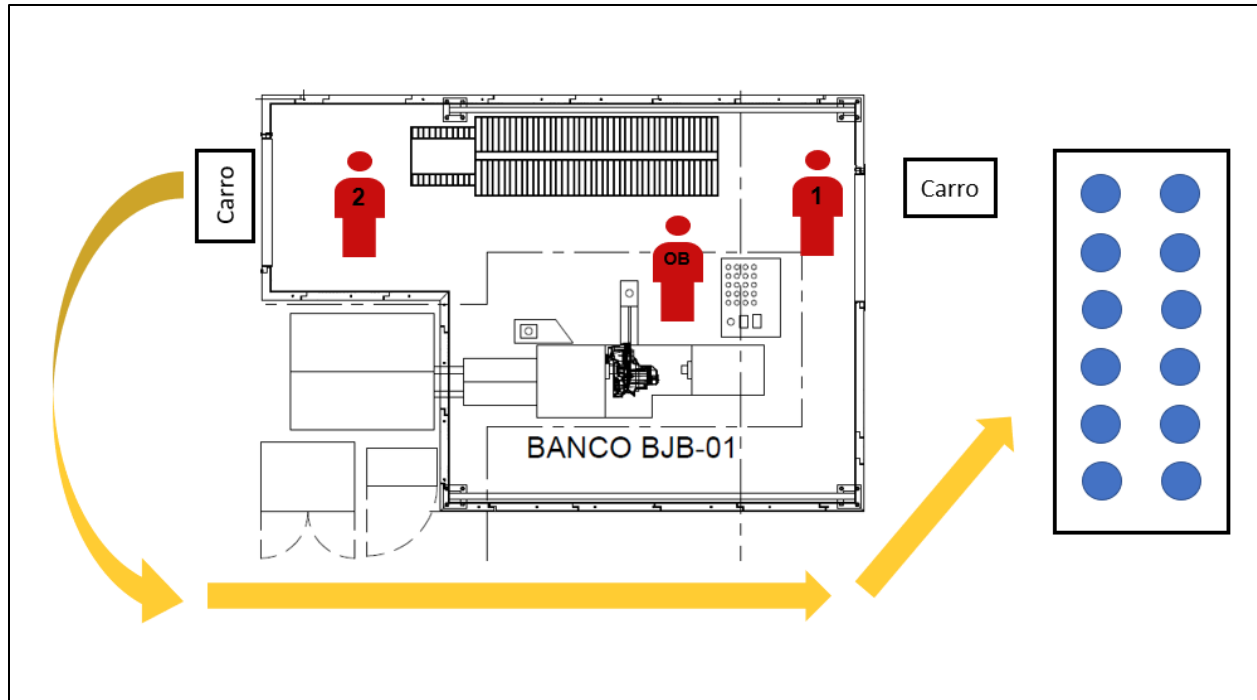


Imagen 20: Descripción esquemática del flujo interno del banco de pruebas.

En la Imagen 20 se muestra lo que se describe anteriormente. De color rojo se representan los 3 operadores que trabajan en el banco de pruebas, con flechas de color amarillo se describe el desplazamiento del segundo operador auxiliar, y los círculos de color azul representan las cajas de velocidades a controlar, o ya controladas en el RV5. Cabe mencionar que el sector de cajas a controlar y cajas controladas es el mismo, lo que complica el trabajo de los operadores auxiliares debido a problemas de cruces de flujo.

5.1.4.2 Capacidad del banco de pruebas

Como se puede concluir de la descripción técnica de la máquina, solamente se puede controlar una caja de velocidad a la vez, generando, en algunas ocasiones, un cuello de botella. El control de cada caja de velocidad, contemplando desde la preparación hasta la entrega en la zona de cajas controladas, contempla un tiempo total teórico de 3.08 [min]. Por otra parte, el banco de pruebas trabaja con dos turnos de 9 horas, es decir 18 horas al día, rápidamente se puede concluir lo siguiente:

$$\frac{1}{3.08} \left[\frac{Cv}{min} \right] * 18[hr] * 60 \left[\frac{min}{hr} \right] = 350[Cv] \quad (1)$$

Teóricamente el banco de pruebas tiene una capacidad de controlar 350 cajas de velocidades (Cv) por día, superando la meta propuesta la cual es un 50% de la producción diaria de la línea de producción Jxx (600 [Cv]).

Si bien este es el tiempo teórico, en la práctica el O.B. puede tardar más, o menos, en un control de Cv según su criterio.

5.1.5 El flujo en el cual está contenido el banco de pruebas BJB-01

La estación de trabajo del banco de pruebas funciona en conjunto con la producción y fabricación de las cajas de velocidades en la fábrica, es decir, está contenido dentro de un flujo. A continuación, se señalará y explicará dicho flujo, presentando los puestos de trabajos involucrados, explicando su ubicación y actividades con respecto al banco de pruebas.

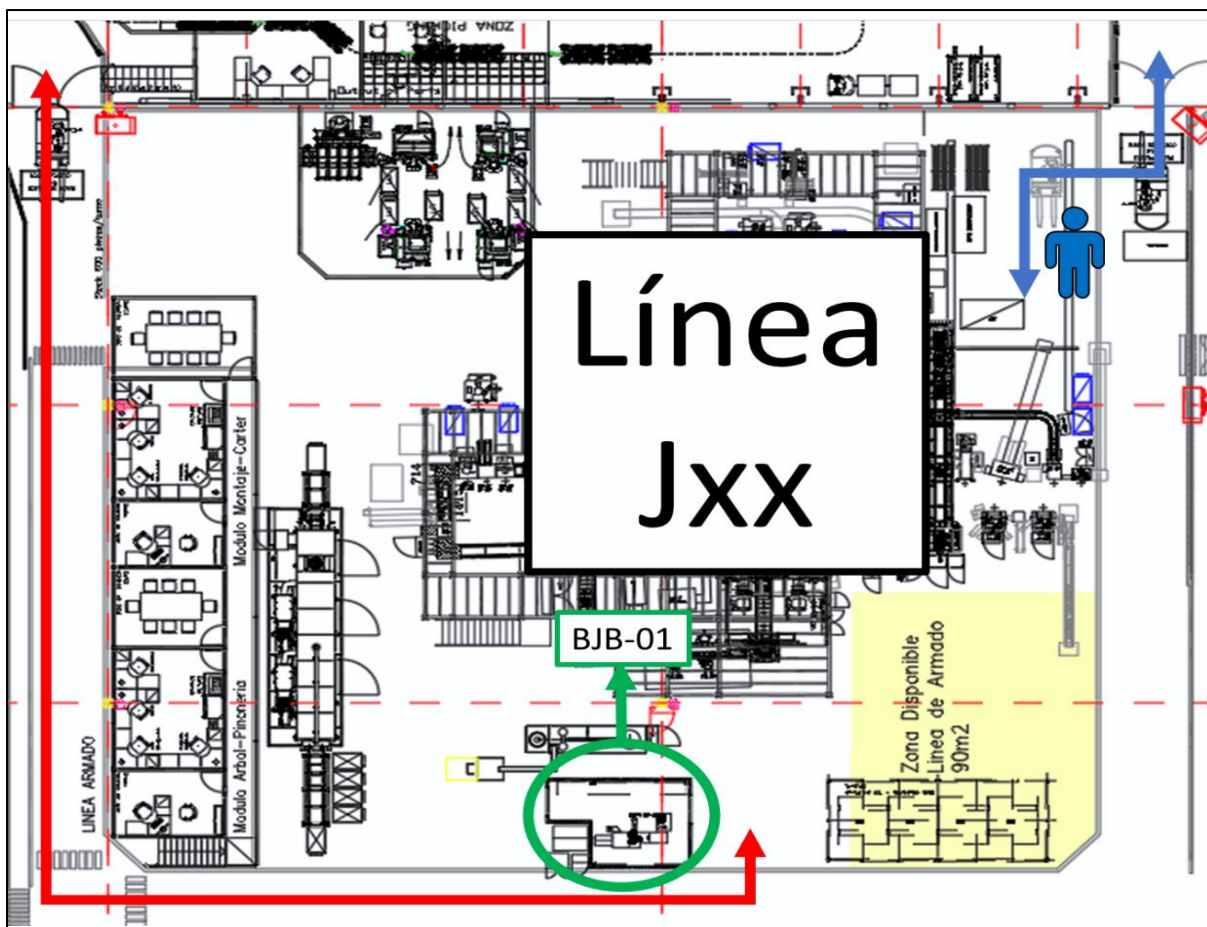


Imagen 21: Plano de la zona de línea de montaje Jxx y el banco de pruebas.

En la imagen anterior se señala, de color azul, el puesto de trabajo de la grúa que está a la salida de las cajas terminadas de la línea Jxx, esta se encarga de transportar las cajas terminadas hacia la zona de despachos, en la bodega. Su recorrido es señalado con la flecha azul. Resaltado en verde se puede ver el banco de pruebas.

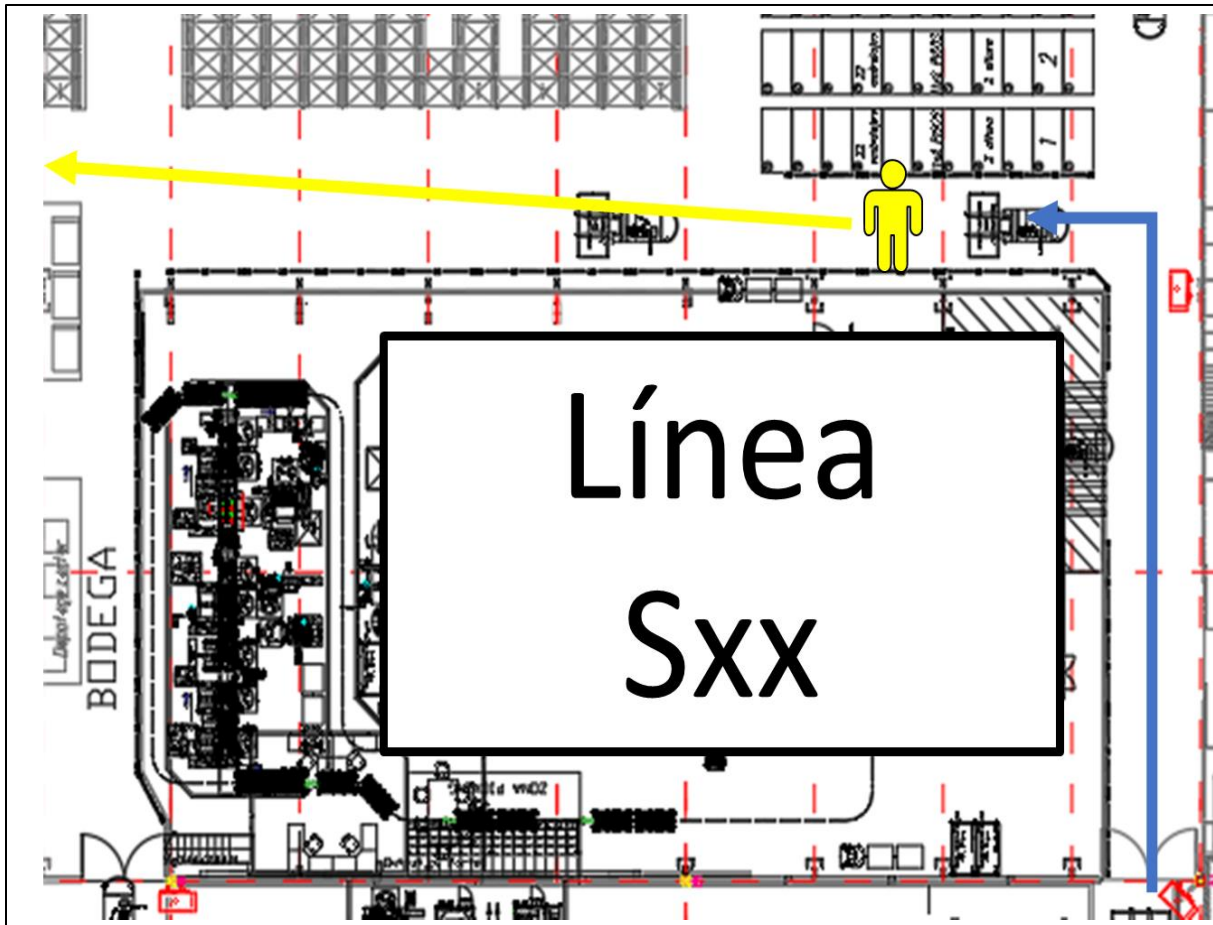


Imagen 22: Plano del área de montaje de la línea Sxx y la zona de despachos de la bodega

En esta imagen se señala el término del recorrido de la grúa mencionada anteriormente (Grúa en la salida de cajas Jxx), y también se muestra el comienzo del recorrido de la grúa de despacho, en color amarillo. Esta tiene como labor, entre otras actividades, transportar las cajas de cambio terminadas hacia otra zona de la bodega, en la cual un tercer operador, con la ayuda de un remolque, transporta las cajas a controlar hacia el área del banco de pruebas.

Finalmente se presenta el final del recorrido de la grúa de despacho (amarillo), además del inicio del recorrido del remolque. Este último se encarga de transportar las cajas de velocidad desde la bodega hacia la zona del banco de pruebas. Este recorrido se presenta en la imagen 23.

Una vez descrito el flujo y la función de los tres puestos de trabajo entorno al banco de pruebas, se procede a describir la secuencia de trabajo total del flujo y cómo este funciona:

- El operador del banco le solicita al operador del remolque (Rojo) cajas de cambio para controlar.
- El operador del remolque busca al operador de la grúa de despacho (Amarillo) dentro de la bodega, para que le acerque las cajas de velocidades solicitadas por el banco de pruebas.

- El operador del remolque transporta las cajas de velocidades a controlar hacia la zona del banco de pruebas, las deja y toma las cajas ya controladas haciendo el mismo recorrido, de forma inversa esta vez.
- En paralelo el operador que está a la salida de la línea Jxx (Azul), transporta las cajas terminadas hacia la bodega.

Es prudente destacar la gran cantidad y magnitud de desplazamientos del proceso completo, además de la cantidad de puestos de trabajo dentro del proceso, lo que aumenta la necesidad de comunicación y disminuye la fluidez del proceso, aumentando los tiempos muertos dentro de este.

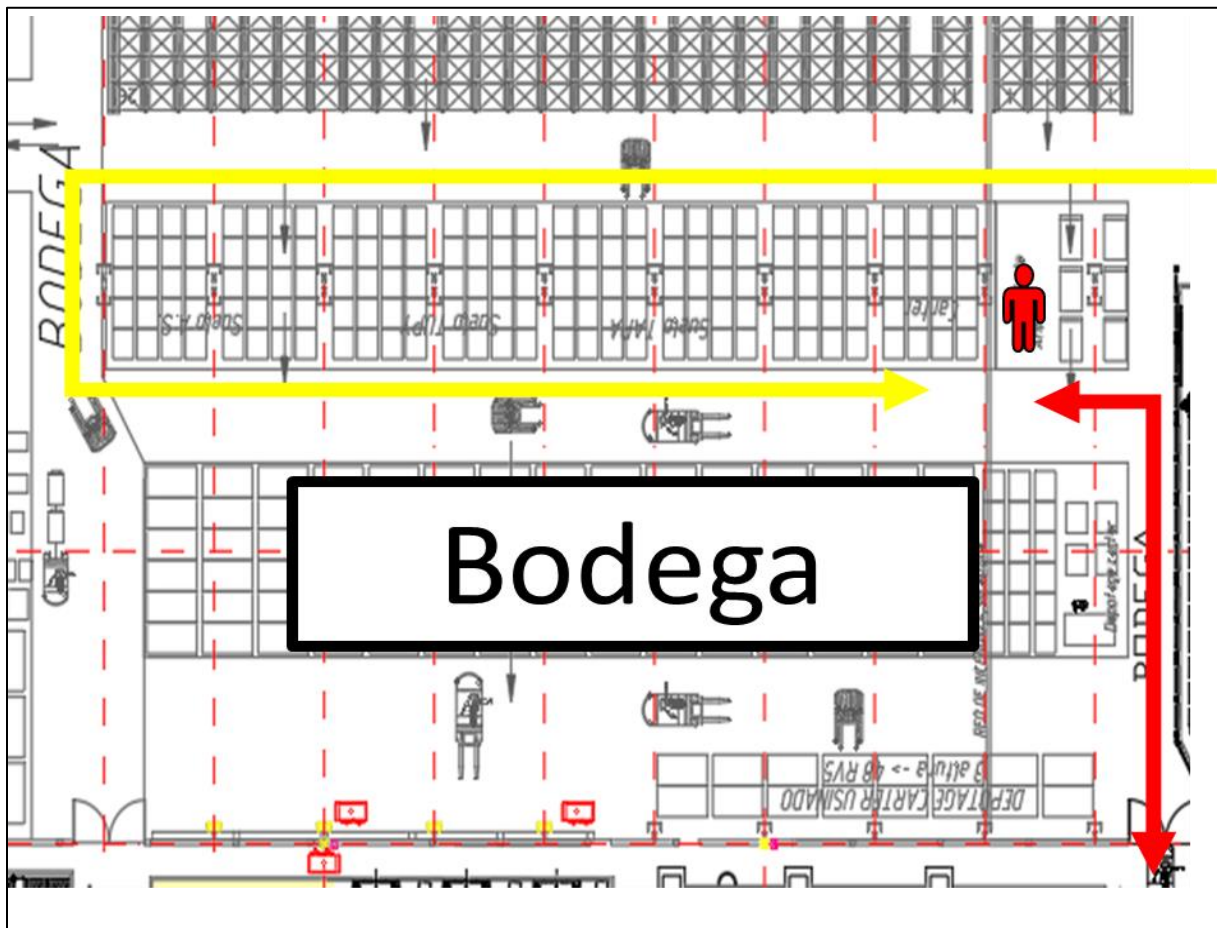


Imagen 23: Plano del sector de la bodega donde se encuentra el operador del remolque.



Imagen 24: Fotografía del remolque

6. RENDIMIENTO OPERACIONAL DEL BANCO DE PRUEBAS

En el capítulo anterior se mencionó el rendimiento teórico, o esperado, del banco de pruebas, el cual, desafortunadamente, no representa la realidad.

En este capítulo se presentan los datos del rendimiento operacional real, registrados por el departamento de calidad en el siguiente gráfico.

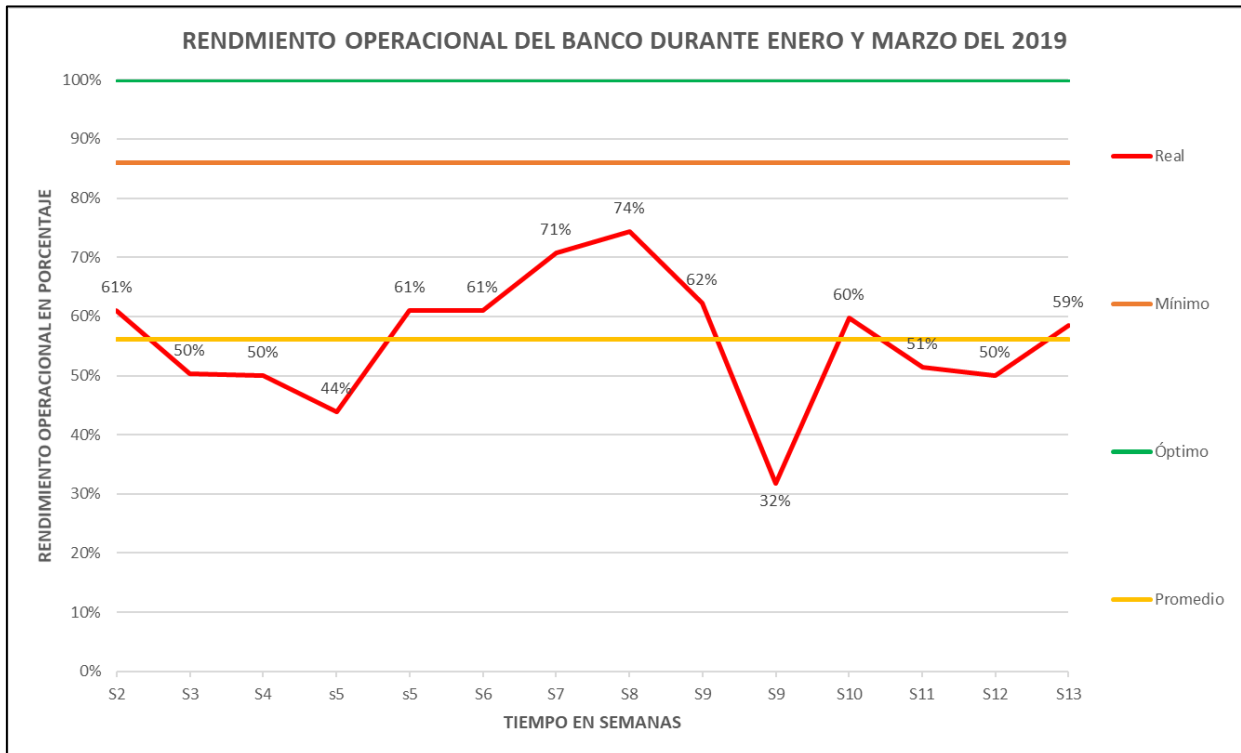


Gráfico 1: Rendimiento operacional del banco de pruebas en los primeros 3 meses del año 2019

El gráfico muestra un registro de los primeros 3 meses del año 2019, desde la semana dos hasta la semana trece, versus el rendimiento operacional (RO) en porcentaje del banco de pruebas. La línea roja es el RO del banco de pruebas durante el periodo mencionado, la línea de color verde es el RO óptimo, el cual se espera, es decir un 100%, la línea de color naranja es el RO mínimo requerido para cumplir con la producción, es decir un total de 300 cajas de velocidad por día, y finalmente de color amarillo está el RO promedio del tiempo registrado.

Brevemente se hace notar la baja eficiencia de la máquina, un RO promedio de un 56% es inaceptable por parte de la empresa, y, peor aún, debido a que esta máquina cumple un rol fundamental dentro de la empresa (control del producto terminado), puede generar un cuello de botella al no ser capaz de controlar todas las cajas de velocidades exigidas.

7. APLICACIÓN DE TÉCNICAS LEAN MANUFACTURING EN EL FLUJO Y LOS PUESTOS DE TRABAJO (1)

Las técnicas lean o producción lean es un modelo de gestión que se enfoca y permite minimizar las pérdidas de manufactura, con los mínimos recursos necesarios. En el presente proyecto se analizaron los puestos de trabajo y el flujo entre ellos y en relación al banco de pruebas, con el fin de encontrar las causas del bajo rendimiento operacional mencionado en el capítulo anterior.

Las técnicas lean pertinentes a utilizar son las siguientes.

- **Estandarización de trabajo (2):** Consiste en definir una metodología a seguir para realizar los diferentes trabajos efectuados por el operador. Esto permite reducir el tiempo de las operaciones y realizar mejoras en un futuro. Expone actividades que no añaden valor al proceso.
- **Análisis de causa raíz (5 por qué):** Es una metodología de resolución de problemas, que se centra en encontrar y resolver la causa del problema y no sólo el problema en sí. Esto se ejecuta realizando la pregunta “¿Por qué?” 5 veces, lo que garantiza que se revelará la causa raíz dentro de esas respuestas.
- **One Piece Flow (3):** One piece flow, o flujo continuo, es el sistema de producción en el cual el trabajo en curso fluye suavemente entre los diferentes puestos del proceso de producción. Reduce los tiempos de espera y transportes innecesarios.

Las técnicas lean trabajan en conjunto, por lo que es difícil aislar una de otra, la técnica principal utilizada en este proyecto de mejora será la estandarización de trabajo. Esta se realizará mediante la observación continua de todos los puestos involucrados en el flujo. Esta observación continua, pone en evidencia la pérdida de recursos de horas hombre entre otros.

A continuación, se presenta el análisis de observación continua, con las actividades realizadas en cada puesto de trabajo. Cabe destacar que cada observación es durante 4 horas por puesto de trabajo, lo que logra abarcar una cantidad no despreciable de las actividades realizadas en cada turno.

Dichas actividades se clasifican en tres tipos:

- **Actividades con valor agregado (verde):** Hace referencia a actividades que modifican el bien, en el marco del proceso productivo.
- **Actividades con no valor agregado (rojo):** Se refiere a actividades que no modifican el bien dentro del proceso productivo. Ej.: los desplazamientos de materia prima.
- **Inactividad (amarillo):** Abarca la actividad de total detención del puesto de trabajo. Ej.: los tiempos de espera.

Bajo la definición anterior, se podría concluir que: las grúas y remolques no realizan actividades con valor agregado, debido a que su labor es el traslado de cargas pesadas, lo cual no modifica el producto, pero para este caso en particular, se hará una excepción y se analizará bajo el criterio de la ganancia de tiempo, la seguridad de los operadores, y la capacidad de transporte de objetos pesados, otorgando así un valor agregado a sus actividades. Es importante destacar que las cajas de velocidades tienen un peso aproximadamente de 30 [Kg] cada una, y además se transportan en RV5 de 24 unidades, lo que hace imposible que estas sean transportadas por un operador de forma manual. Es por lo anterior que el uso de las grúas y remolques es justificado y sus labores realizadas son de suma importancia. En resumen, el análisis de estas máquinas se clasificará de la siguiente manera:

- **Actividades con valor agregado (verde):** Hace referencia a cuando el operador de la grúa o remolque se moviliza con carga cumpliendo las tareas establecidas.
- **Actividades con no valor agregado (rojo):** Hace referencia a cuando el operador de la grúa o remolque realiza otra actividad fuera de sus tareas previamente establecidas. O bien desplazamientos innecesarios.
- **Inactividad (amarillo):** Hace referencia a cuando el operador de la grúa o remolque no realiza actividad alguna. Ej.: Grúa detenida, el operador se encuentra en espera del término de una actividad de un compañero de trabajo, etc.

7.1 OPERADOR DEL BANCO DE PRUEBAS

ACTIVIDADES	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
CONTROL DE Cv	22,4%	22,4%
DESMONTAR CAJA DEL BANCO	5,2%	27,6%
COLOCAR EN GUIA	5,4%	33,0%
MONTAR CAJA EN EL BANCO	9,1%	42,1%
INACTICVIDAD ABASTECIMIENTO	43,7%	85,8%
LLENADO DE HOJA DE NO CONFORMIDADES	3,0%	88,8%
CONTEO DE CAJAS (CHECKING)	3,9%	92,8%
DESPLAZAMIENTOS	5,5%	98,3%
ROTULACIÓN	1,7%	100,0%
TOTAL	100,0%	

Tabla 2: Actividades del operador del banco de pruebas y su porcentaje de tiempo utilizado en estas.

La tabla hace evidencia de las actividades realizadas por el operador del banco, y el porcentaje de tiempo que efectúa durante 4 horas cada una de ellas, se puede apreciar que el valor agregado que otorga en su total de actividades de un 22%, siendo este el más bajo, luego las actividades que no entregan valor al proceso, con un total de un 29% y finalmente una inactividad del 49%, siendo esta la más alta. A continuación, se presenta un gráfico para mayor comprensión de la gran cantidad de porcentaje, en un periodo de 4 horas, de inactividad y no valor agregado.

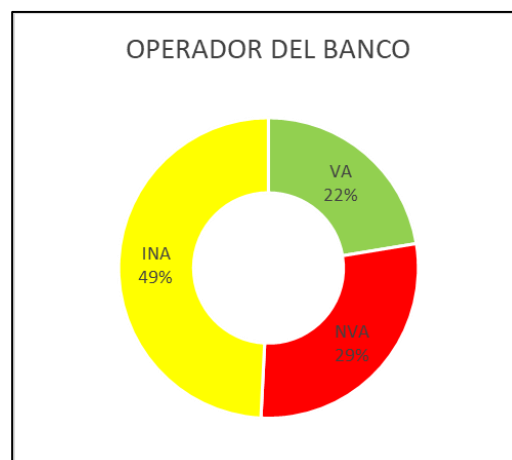


Gráfico 2: Porcentaje de INA, VA y NVA del operador del banco.

7.2 OPERADOR AUXILIAR DEL BANCO DE PRUEBAS

ACTIVIDADES	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
DESPLAZAMIENTOS	10,5%	10,5%
ESTACION DE BV TERMINO RV5	1,8%	12,3%
MOVIMIENTO DEL CARRO	4,2%	16,5%
INACTIVIDAD ABASTECIMIENTO	53,0%	69,5%
PREPARACION DE Cv	17,5%	87,0%
RETIRO DE CAJA	8,1%	95,1%
EMBALAJE DE Cv	4,9%	100%
TOTAL	100,0%	

Tabla 3: Actividades del auxiliar de apoyo y su porcentaje de tiempo utilizado en ellas.

La tabla anterior enseña las actividades del operador auxiliar del banco. Es de importancia mencionar que existen dos de estos puestos de trabajo, los cuales, teóricamente, deben ejercer diversas labores, pero en consecuencia de la basta organización en este sector por parte de la empresa, los operadores auxiliares comparten las tareas asignadas, no efectuando sus maniobras definidas por la estandarización de trabajo. Se aprecia nuevamente una inactividad sobre el 50%. Un total de un no valor agregado del 15% y un 35% de un valor agregado. Dejando en evidencia, nuevamente, el alto nivel de inactividad.

Al igual que en el caso anterior se presenta un gráfico, para evidencia la alta inactividad en relación al porcentaje total.

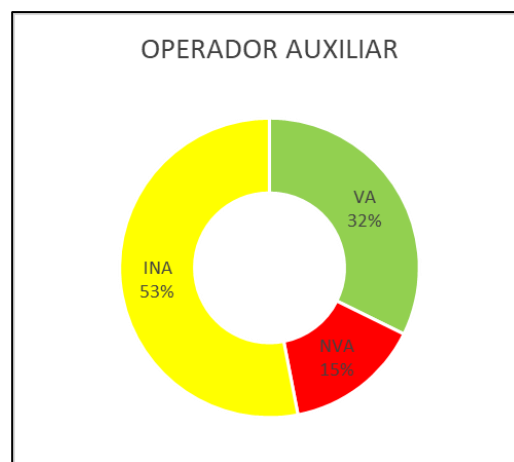


Gráfico 3: Porcentaje de INA, VA y NVA de los operadores auxiliares

7.3 GRÚA AL FINAL DE LA LÍNEA JXX (AZUL)

ACTIVIDADES	PORECENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
DESPLAZAMIENTO CON CARGA A BODEGA	1,3%	1,3%
DESPLAZAMIENTO SIN CARGA	18,2%	19,5%
MOVIMIENTO DE TERMOFORMADO A ZONA DE LIMPIEZA	11,6%	31,1%
FIJACIÓN TERMOFORMADO EN RV5	2,4%	33,5%
INACTIVIDAD	43,4%	76,9%
AMARRE DE BV A TERMOFORMADO	5,3%	82,2%
ABASTECIMIENTO RV5 A LA LINEA DE ARMADO	13,6%	95,8%
ASEGURAR CARGA EN RV5	4,2%	100%
TOTAL	100,0%	

Tabla 4: Actividades del operador de la grúa azul y su porcentaje de tiempo utilizado en ellas.

Las actividades de las grúas son variadas, debido a que no cumplen su estandarización de trabajo dentro de la empresa, lo que en consecuencia causa desorden y una gran cantidad de inactividad, como es posible apreciar en la tabla anterior. La inactividad vuelve a ser el factor con mayor magnitud con un total de un 43%, seguido de las actividades que no otorgan un valor agregado al producto con un total de 30%, finalmente de color verde las actividades que, si entregan valor, o más bien, justifican el puesto de trabajo, con un total del 27%. Inmediatamente llama la atención el gran porcentaje de inactividad.

Cabe destacar que no se realizará un análisis de las causas de la inactividad de este puesto de trabajo, debido a que, si bien está inmerso en el flujo total del banco de pruebas, no afecta el proceso de control de la máquina (BJB-01).

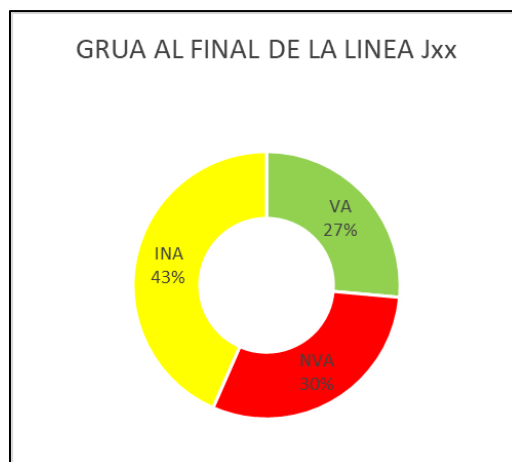


Gráfico 4: Porcentaje de INA, VA y NVA de la grúa presente al final de la línea de armado Jxx.

7.4 GRÚA DE DESPACHOS

Actividades	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
CARGA DE CAMION DE DESPACHO	41,0%	41,0%
GRÚA DETENIDA	29,7%	70,7%
ORDEN DE BULTOS Y RV-5	9,9%	80,6%
CARGA DE REMOLQUE	6,1%	86,7%
ORDEN PALETS EN LA ZONA DE DESCARGA	5,4%	92,1%
DESPLAZAMIENTO SIN CARGA	4,2%	96,3%
CARGA DE REMOLQUE A RACK DE DESPACHOS	3,3%	99,6%
ORDEN DE LA ZONA DE CARTER	0,4%	100,0%
TOTAL	100,0%	

Tabla 5: Actividades de la grúa de despachos y su porcentaje de tiempo utilizado en ellas.

En esta observación continua se puede evidenciar las variadas actividades que realiza la grúa de despachos, la cual teóricamente sólo debiese estar realizando la carga al camión a despachar además de cargar el remolque para las cajas a controlar en el banco de pruebas. Esto deja en evidencia el poco cumplimiento de la estandarización del puesto de trabajo, llevando a cabo diversas actividades que no corresponden a su labor demandada por la fábrica. En consecuencia, al no cumplimiento de la estandarización de trabajo, emerge el desorden y el mal uso de recursos (tiempo y maquinaria), produciendo la inactividad.

En este caso en particular, se puede observar que, en el total de actividades realizadas, entregan un valor agregado solo el 61%, el 9% no otorga valor agregado, y un 30% del tiempo el operador está inactivo, con la maquina detenida.

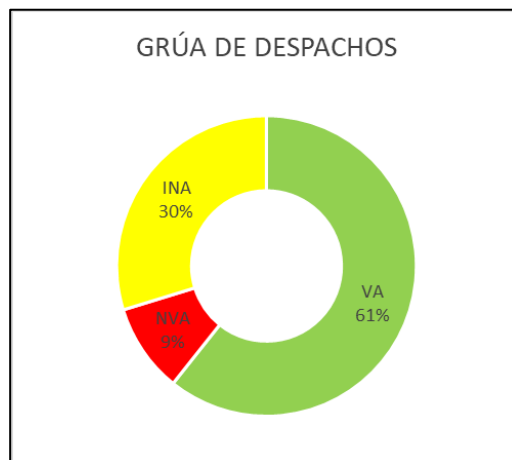


Gráfico 5: Porcentaje de INA, VA y NVA de la grúa de despachos.

7.5 REMOLQUE (PREPARADOR DE HORQUILLAS)

ACTIVIDADES	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
DESPLAZAMIENTOS	8,4%	8,4%
BUSCAR GRÚA DE DESPACHO PARA ABASTECER REMOLQUE	14,3%	22,6%
LIMPIEZA PUESTO	3,6%	26,2%
REMOLQUE DETENIDO	20,7%	46,9%
PREPARACIÓN DE HORQUILLAS	30,5%	77,4%
TRASVASIJE DE HORQUILLAS	4,1%	81,5%
ABASTECIMIENTO BANCO 2DA ESCUCHA	7,8%	89,3%
ABASTECIMIENTO A ZONA DE CARTER	10,7%	100,0%
TOTAL	100,0%	

Tabla 6: Actividades del remolque y su porcentaje de tiempo utilizado en ellas.

En esta observación continua es necesario destacar que, se analizó al puesto de trabajo del preparador de horquillas, el cual, dentro de sus labores, es el encargado de trasladar las cajas a controlar al banco de pruebas y las cajas ya controladas hacia la bodega, es por ello la gran cantidad de actividades que se debe realizar. Al no estar todas sus actividades estandarizadas, comienzan inevitablemente las pérdidas de tiempo. Se puede apreciar que un 14% del tiempo está buscando al operador de la grúa de despacho para el abastecimiento de las cajas a controlar demandadas por el banco de pruebas. Se puede apreciar que solamente el 49% de las labores del operador otorgan valor agregado al producto final, y que un 30% de estas no lo hace. Se aprecia también una inactividad de un 21% del tiempo total observado, con el remolque detenido.

Es necesario mencionar nuevamente, que la causa raíz de las actividades que no entregan valor agregado y la inactividad de los puestos de trabajo en relación al banco de pruebas, no serán analizadas en profundidad, debido a que no es el objetivo de este proyecto, si bien están relacionadas, y se espera poder disminuir las pérdidas por falta de abastecimiento al banco de pruebas, este objetivo será alcanzado mediante la modificación de la máquina de control analizada en este documento.

A continuación, se presenta un gráfico para la mejor comprensión de la proporción de la inactividad en relación al tiempo total de trabajo.

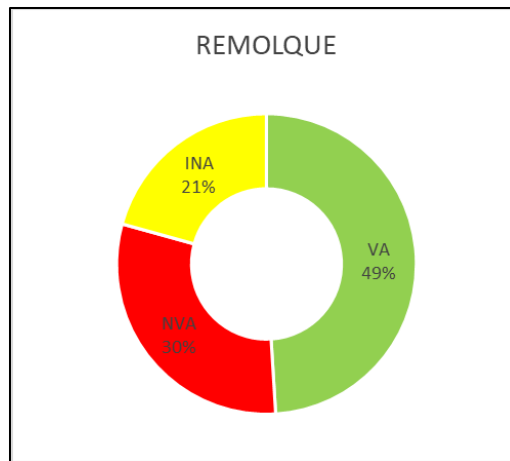


Gráfico 6: Porcentaje de INA, VA y NVA del remolque.

Cómo se puede concluir brevemente, la inactividad es preponderante en los puestos de trabajo observados, en consecuencia, es prudente realizar un análisis de la, o las, causas de este fenómeno.

7.6 ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

Para realizar el análisis, de la causa raíz, se utilizarán técnicas lean, en específico el método de “los 5 ¿por qué?” y las “4 M”, los cuáles deben trabajar en conjunto para que la información otorgada por ellos sea válida.



Imagen 25: Esquema de las 4M para el análisis de la causa raíz.

En la figura se muestra el agrupamiento de las 4M (Mano de Obra, Maquinaria, Método y Material) que ayuda a separar el análisis, tomando distintos caminos para llegar a diferentes causas raíces:

- **Maquinaria:** Este punto de vista se abstiene a un análisis sobre las maquinas que intervienen en el proceso, así como su funcionamiento de principio a fin y los parámetros de configuración, permitirán saber si la causa raíz de un problema está en ellas.
- **Método:** Se analiza la forma de ejecutar el procedimiento. Al diseñar un proceso, existe una amplia variedad de circunstancias y condicionantes que pueden variar a lo largo del tiempo y no ser válidas a partir de un momento dado.
- **Mano de Obra:** Se analiza al operador. Es un hecho que existe el fallo humano, esto puede abarcar varias causas como mala instrucción, una formación incompleta, etc.
- **Material:** Se cuestiona la materia prima del proceso. Contar con un buen sistema de trazabilidad es fundamental y facilitará identificar algún problema como el no cumplimiento de ciertas especificaciones. En este caso en particular, no se analiza el material, debido a que, si bien se podrían encontrar causas del problema debido al material, no es posible alterarlo o bien no es el objetivo de este estudio.

Desvío	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5	Medida Correctiva
Método	Alto porcentaje de operaciones manuales	Dispositivos de apoyo no están diseñados para la operación				Optimizar o reducir el medio de transporte de cajas de cambios
		Operación llenado de aceite manual				Automatizar el proceso de preparación de caja de cambio para el control en el banco
Maquinaria	Tiempo de ciclo variable	No hay tiempo límite de control	No está establecido en condiciones de trabajo la máquina			Fijar tiempo de control para cada pasaje de marcha
Mano de obra	Desplazamientos innecesarios	Operador no cumple la estandarización de su puesto de trabajo	Operador no fue formado correctamente			Instruir al operador sobre la estandarización de su puesto de trabajo
	El operador logístico no abastece constantemente	No hay comunicación entre el abastecedor y el banco	El abastecedor y el banco se encuentran en zonas distintas			Reubicar el banco de pruebas
		El abastecedor debe buscar la grúa de despacho para cargar el tractor	La grúa de despacho y el operador del tractor trabajan en zonas distintas de la bodega			
			El gruero se desplaza sin carga al momento de retirar las cajas de velocidad controladas	Gruero no formado		Formar gruero

Tabla 7: Análisis de “los 5 por qué” y las “4M”.

En la tabla anterior se muestra el análisis de causa raíz mediante los “5 ¿por qué?” y las “4M”, si bien se presenta una diversidad de problemas en el contexto del banco de pruebas, se reitera nuevamente que la intención de este análisis es encontrar la causa raíz de la inactividad.

Se puede apreciar que, en relación a toda la observación, no fue necesario realizar el último “¿por qué?”, para llegar a la causa raíz y proponer una medida correctiva.

En lo que es el método se puede observar un alto porcentaje de operaciones manuales, lo que en consecuencia nos lleva a la medida correctiva de automatizar el proceso de control de cajas. Es decir, realizar modificaciones al banco de pruebas para que el método de preparación de estas, como el llenado de aceite, no involucre en tan gran medida al operador.

Con respecto a la maquinaria, se puede apreciar que no está establecido el tiempo de control en cada pasaje de marcha, como se mencionó anteriormente, una gran parte de este proceso cae en la experiencia del operador, lo cual deja vulnerable el proceso a un cambio de personal. No existe una estandarización de la evaluación de la caja de cambios, debido a que no se respeta el tiempo de ciclo definido. Es por lo anterior que una medida correctiva prudente sería fijar el tiempo de control para cada marcha de la caja de velocidades, y así asegurar la totalidad del control de cajas de velocidad.

Por parte de la mano de obra el análisis de causa raíz es más extenso, debido a la evaluación de los operadores en cuestión. Se aprecia una falta de organización y sincronización por parte del operador del remolque y el operador de la grúa de despacho, debido a su ubicación dentro de la bodega, llevando esto a una falta de comunicación entre ellos alterando el proceso completo. La falta de sincronización se debe a que no existe una estandarización en el puesto de trabajo, si es que existiese dicha documentación, los operadores no están al tanto de ello, no están formados, por lo que es necesario instruir a estos para que realicen una labor más eficiente. En conjunto con la estandarización de trabajo, se puede apreciar también que, debido a la falta de esta y la consecuente falta de descoordinación, el banco de pruebas no es abastecido constantemente, es por ello el gran porcentaje de inactividad que presentan los operadores de la máquina, es decir, están a la espera de nuevas cajas de velocidades a controlar, siendo este un desperdicio de tiempo.

Cómo se menciona en el capítulo 5.1.4.2 el tiempo de ciclo del banco de pruebas le permite controlar más del 50% de las cajas fabricadas de la línea Jxx durante un día de trabajo, meta que no es alcanzada debido a la falta de abastecimiento, la cual es generada por la falla de comunicación entre los trabajadores.

En resumen, estamos presentes a un problema de abastecimiento del banco de pruebas, debido a la falta de comunicación entre los operadores, lo que lleva a una basta coordinación. Lo que, además, nos aleja del flujo continuo (One Piece Flow).

Es por los puntos anteriores que se toma como medida correctiva la reubicación y modificación de la máquina para el aumento de su eficiencia y disminución de pérdidas por inactividad, aumentando el abastecimiento y en consecuencia el rendimiento operacional del banco de pruebas.

Para llevar dicha labor a cabo, se hará estudio en los siguientes capítulos de, la ingeniería básica para generar las modificaciones pertinentes y un análisis económico, cuantificando la inversión y la ganancia esperada.

8. PROPUESTA DE LA REUBICACIÓN Y RECONFIGURACIÓN DEL BANCO

La reubicación del banco de pruebas está sujeta a mejorar la eficiencia de éste. Brevemente se concluye que la falta de abastecimiento es consecuencia de la falta de comunicación y de los grandes recorridos que deben cursar las cajas de velocidades terminadas para pasar por el control final. Es por ello, que la nueva ubicación del banco de pruebas deberá eliminar la mayor cantidad de puestos de trabajo que estén inmersos en el flujo.

Por los espacios disponibles en la fábrica las opciones son mínimas, o casi nulas, para la nueva ubicación de la máquina, es por ello que además de un movimiento de máquina, también se realizará una reestructuración a la cabina, modificando la secuencia de trabajo de los operadores, con la esperanza, de eliminar un puesto de trabajo dentro del banco de pruebas.

Para la reubicación y reconfiguración del banco de pruebas, debemos analizar estudios de red, ubicación física, distribución y dimensión de equipo, y potencias en la nueva locación, es para ello necesario acudir a la ingeniería conceptual, la cual abarca estos temas en particular.

Analizando estos parámetros, se podrá obtener las aristas, o limitantes, de la propuesta.

8.1 REUBICACIÓN DEL BANCO DE PRUEBA

Como se mencionó anteriormente el banco de pruebas necesita de aceite, aire y electricidad para su total funcionamiento, en otras palabras, potencia hidráulica, potencia neumática y potencia eléctrica. Además, es necesario encontrar un espacio físico, dentro de la fábrica, para la nueva ubicación del banco de pruebas. Es por ello que en los siguientes puntos se estudiarán las potencias y dimensiones para una nueva ubicación.

8.1.1 Potencia hidráulica

El llenado de aceite a las cajas de velocidades, previo al control, es realizado de forma manual por el operador auxiliar con la ayuda de una pistola de llenado. Cada caja de velocidad debe ser llenada con un total de 2.6 [Lt] para su control, el cual debe ser dentro de 10 [s], como se describió anteriormente en el proceso de control del banco de pruebas en el capítulo 5.1.4.1. Esta operación se realiza con la ayuda de una bomba de 1 [HP], la cual conectada a una manguera de 25 [mm] transporta el aceite hacia la caja de velocidades.

8.1.2 Potencia neumática

Como se menciona en el capítulo 5.1.4 la máquina requiere el uso de potencia neumática para activar las bridas de agarre y poder tomar la caja de velocidades para su control. La presión de trabajo necesaria es de 5 [bar], mientras que la presión que posee la fábrica en la red principal es de 6.7 [bar], por lo que con una simple conexión se le entrega la potencia necesaria para trabajar de manera óptima al banco de pruebas.

8.1.3 Potencia eléctrica

La potencia eléctrica necesaria para que la máquina realice su trabajo, es la potencia requerida por el motor y además para el teclé dentro de la cabina. Este motor trifásico trabaja a 380 [V] con una corriente de 107 [A]. la potencia eléctrica instalada es de 37[KW], siendo la de trabajo un 60%, es decir 22.2[KW], como se describe en el capítulo 4.1.4.

Es necesario la consideración de los puntos anteriores para la evaluación de una nueva posición del banco de pruebas, manteniendo así su funcionamiento óptimo. En el caso de fallas en la potencia hidráulica, esto afectaría al tiempo de llenado, lo que en consecuencia afectaría el tiempo total de control, produciendo así, un cuello de botella. Con respecto a la potencia neumática y eléctrica, estas están relacionadas directamente con el funcionamiento del banco de pruebas, la variación de dichas potencias, o dichos requerimientos, alteraría la operación, provocando un mal control, o peor aún, un accidente.

8.1.4 Dimensiones

Las dimensiones del banco de pruebas, en particular las de la cabina en la cual está contenido para el aislamiento del ruido, son el punto más limitante de este proyecto. Debido a su gran envergadura, no es posible realizar la reubicación en cualquier sitio. También, es necesario optimizar el flujo, tanto al interior como alrededor del banco de pruebas con esta modificación. Debidos a que las cajas terminadas son trasladadas a la bodega, para luego ser controladas por el banco de pruebas, es lógico pensar que la máquina debiese estar cerca de dicho sector (al final de la cadena de procesos), es por lo anterior que se propone dicha opción, considerando los limitantes pertinentes (potencias y dimensiones).

La propuesta de una nueva ubicación del banco de pruebas es la que se presenta en la imagen a continuación.

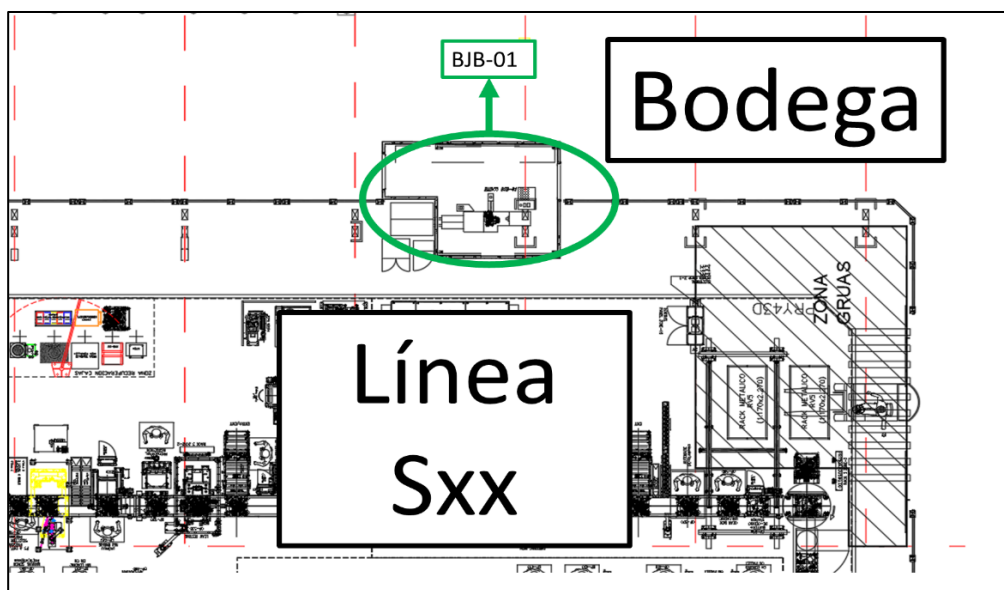


Imagen 26: Nueva ubicación, teórica, de la máquina BJB-01.

El sector señalado en la imagen anterior es el área donde la grúa de despachos hace su recorrido (imagen 22), esta propuesta de reubicación abarca espacios de la bodega y del área de producción, de esta manera se asegura que, el operador del banco de pruebas se encuentre aislado de la contaminación acústica de la bodega, preservando la calidad del control. Para que esto sea posible de realizar, es necesario someter a la estructura de la planta a modificaciones menores, en otras palabras, cortar la muralla que separa el área de producción y con el área de la bodega, ubicando, así, el banco de prueba en dicho lugar.

En esta posición el banco tiene acceso a todos los requerimientos básicos para su funcionamiento, es decir, potencia hidráulica, neumática y eléctrica.

El aceite, para la preparación de las cajas de velocidades a controlar, sería abastecido desde un estanque cercano (el cual abastece al banco de pruebas de la línea Sxx), afortunadamente, dicho aceite es compatible con su uso para el control de las cajas de cambio de la línea Jxx.

Con respecto a la red neumática y red eléctrica, estas están distribuidas por la fábrica y solamente es necesario una conexión para el aprovisionamiento de estos insumos.

Cumpliendo con estas limitantes, o, mejor dicho, condiciones, se puede llegar a obtener una optimización de flujo, debido a la eliminación completa de dos de los puestos de trabajo que estaban comprendidos en el flujo del abastecimiento del banco de pruebas; la grúa de despachos (línea amarilla), y el remolque (línea roja), dejando, así como único abastecedor al operador de la grúa que se encuentra en la salida de la línea de cajas de velocidades (línea azul), simplemente generando una pequeña modificación en su recorrido. De esta manera no sólo se elimina la carga de trabajo de dos operadores, sino que, también, se disminuye el desplazamiento del producto terminado, se eliminan las fallas de comunicación, y se optimiza el abastecimiento de la máquina en cuestión.

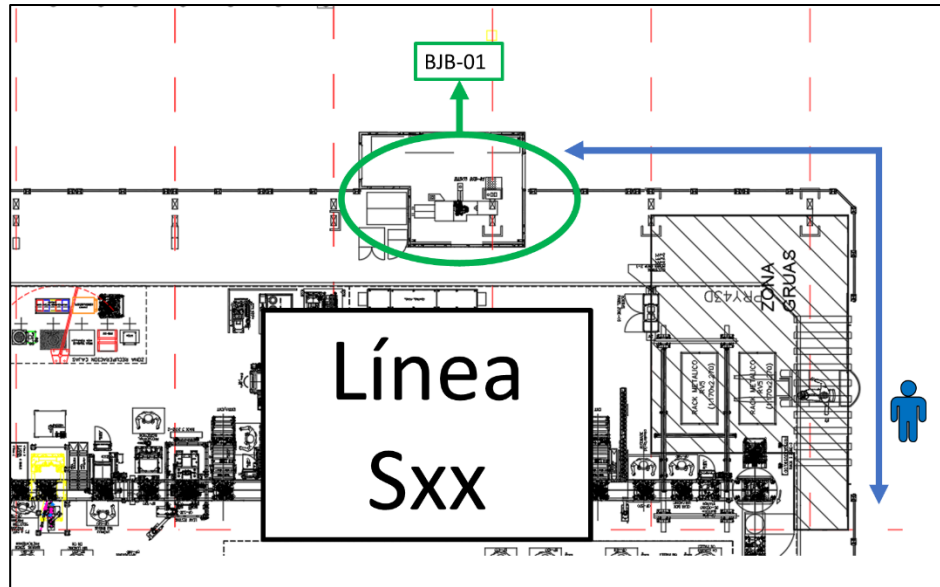


Imagen 27: Flujo resultante, consecuencia de la reubicación.

8.2 RECONFIGURACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

Continuando con el análisis de las dimensiones del banco de pruebas, se puede apreciar, en las imágenes 27 y 28, que, este no concuerda con las dimensiones de la muralla, debido a que las vigas limitan el espacio disponible, es por ello que se propone una reconfiguración de la cabina, para lograr el reposicionamiento.

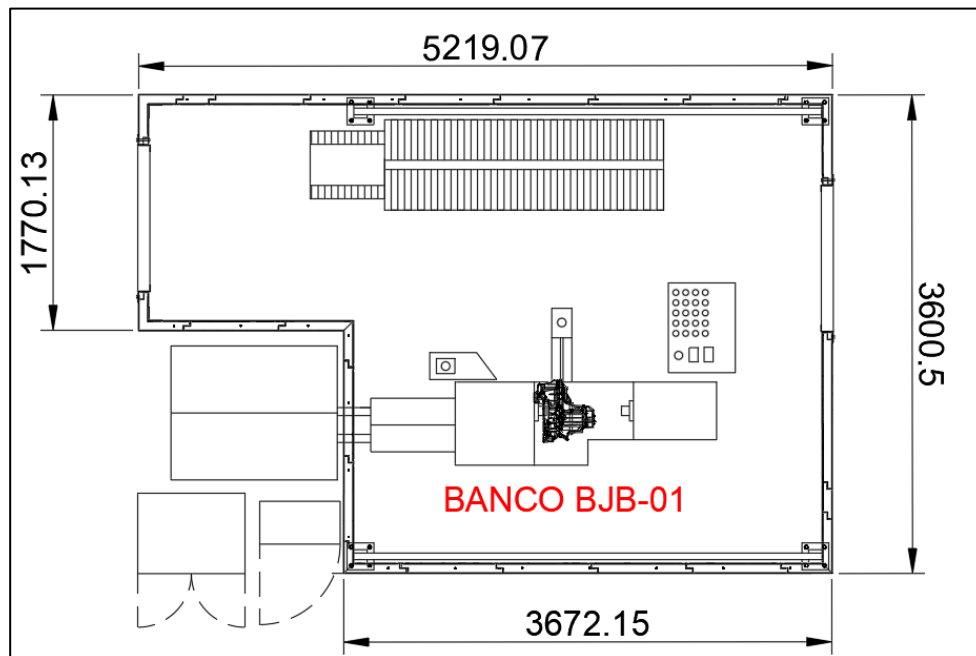


Imagen 28: Medidas generales de la cabina del banco de pruebas.

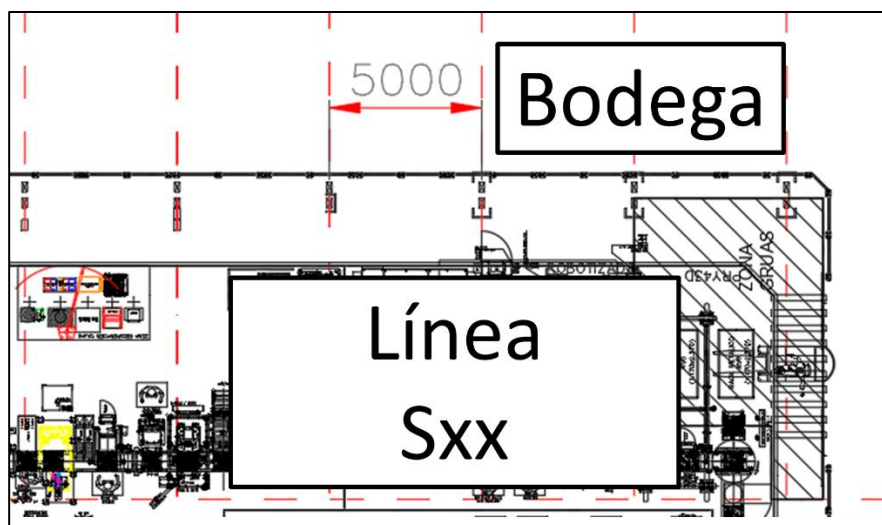


Imagen 29: Distancia disponible entre vigas para la reubicación del banco.

La reconfiguración consiste en disminuir la superficie utilizada por el banco de pruebas, haciendo que quepa entre las vigas.

La reconfiguración propuesta es la que se muestra en la siguiente imagen, y en el plano adjunto a este documento.

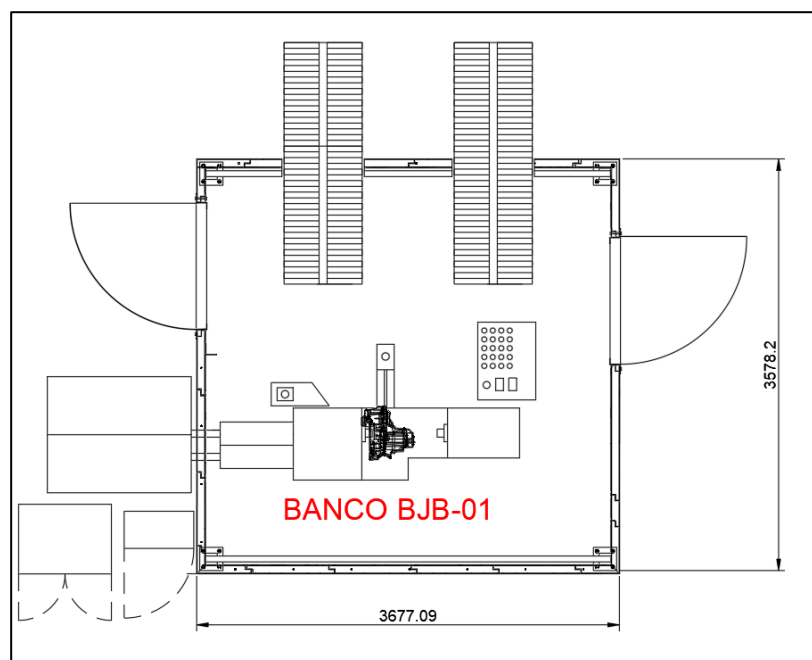


Imagen 30: Medidas generales de la nueva reestructuración del banco de pruebas.

Se puede observar la disminución de la superficie utilizada, además de ello gracias a esta modificación, no es necesario tener a dos operadores auxiliares, solamente a uno, el cual debe preparar la caja para el control y retirar las cajas controladas para colocarlas en el RV5. mientras que el operador del banco de pruebas controla las cajas recibidas por los rodillos.

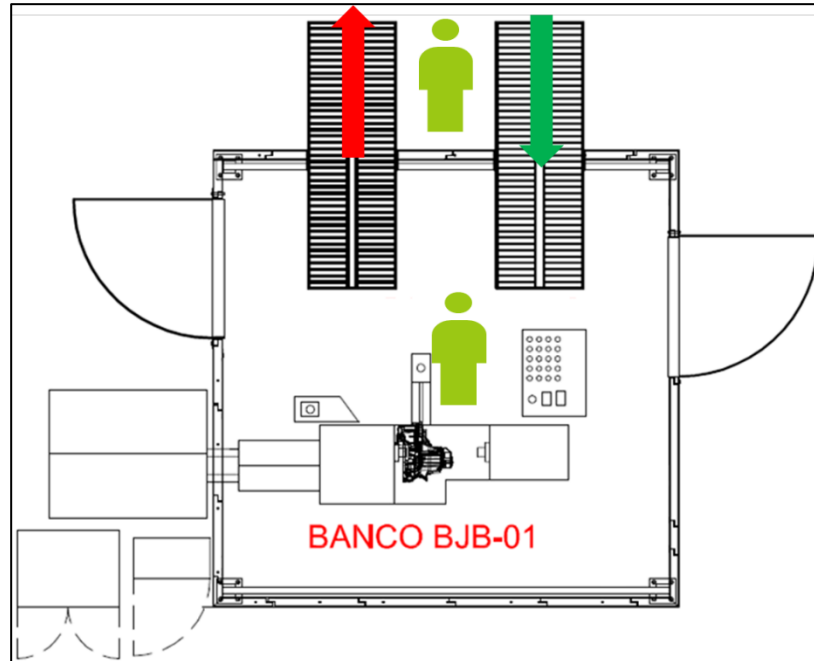


Imagen 31: Nueva flujo interno del banco de pruebas.

Con esta modificación, no solo se disminuye la superficie utilizada por la cabina, sino que, también, se elimina un puesto de trabajo, liberando a un operador auxiliar, por completo, del proceso interno del banco de pruebas.

En conclusión, de este capítulo, la reubicación óptima encontrada por las limitantes, ayuda en gran medida a eliminar agentes que están dentro del flujo, que enlentecen el abastecimiento, debido a la falta de comunicación y coordinación, simplificando el proceso, sin necesidad de tantos agentes trabajando alrededor de la máquina de control.

La reconfiguración ayuda a liberar a un operador auxiliar, los cuales, en la actualidad, se reparten las tareas y no trabajan según las indicaciones de la fábrica.

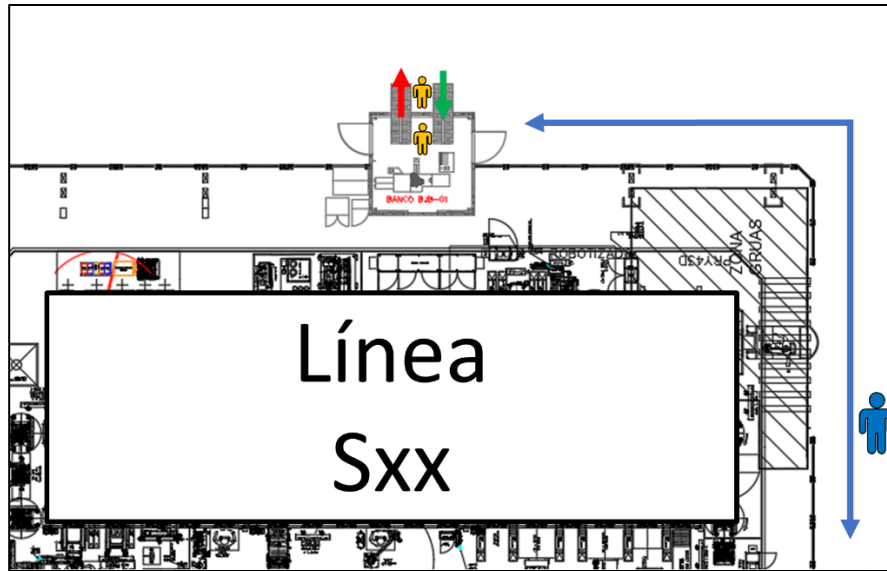


Imagen 32: Nuevo flujo y distribución del banco de pruebas.

9. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO

Para analizar la viabilidad de esta propuesta, es necesario analizar el aspecto económico, por lo tanto, en este capítulo se hará un análisis de la rentabilidad del proyecto, abarcando costos de la modificación y ganancias esperadas.

En el capítulo anterior se menciona un impacto desde el punto de vista logístico, al disminuir los desplazamientos y los operadores involucrados en el proceso. Se aprecia la liberación de la carga de dos puestos de trabajo que pertenecen al flujo (grúa de despachos y remolque), traspasándola al puesto de trabajo de la grúa al final de la línea Jxx, disminuyendo el porcentaje de su inactividad (43,4%) por la carga total liberada de los otros dos puestos de trabajo (31,5%). Además, esto conlleva una baja del costo de la producción, haciendo que el valor final de la caja de velocidades se vea disminuido sin una baja en la calidad.

Para el análisis económico se cuantificarán las pérdidas debido a los tiempos muertos, es decir a las actividades que no otorgan valor agregado, a la inactividad, y que, estén relacionadas con el flujo de trabajo analizado, vinculándolas con la remuneración de cada operador. Las pérdidas presentes en los puestos de trabajo se traducirán como posibles ganancias para el proyecto.

Por otra parte, se analizará el aumento de la producción debido a la propuesta realizada.

9.1 CUANTIFICACIÓN DEL COSTO DE INEFICIENCIA CON RESPECTO A LOS TIEMPOS MUERTOS DE LA MANO DE OBRA.

Las pérdidas presentes se cuantificarán en relación a la remuneración de cada operador, es decir, un porcentaje de horas en el cual el operador no está produciendo es pérdida para el proceso.

El costo de los operadores difiere uno del otro correspondientemente al puesto de trabajo. A continuación, se muestra una tabla con los costos de horas hombre (HH) de cada puesto de trabajo:

Puesto de trabajo	Costo HH en CLP [\$]	N° de operadores por día
Operador del banco	5.201	2
Operador auxiliar	3.147	4
Operador de grúa	3.923	2
Operador de remolque	3.170	2

Tabla 8: Costo de HH de cada puesto de trabajo y cantidad de operadores por día

Se aprecia en la tabla que el puesto de trabajo con mayor costo, es el del operador del banco de pruebas, seguido por los operadores de grúa, y siendo el del operador auxiliar del banco de pruebas, el puesto más económico.

Con respecto a la última columna, esta hace referencia al sistema de trabajo de la empresa, en la cual se trabajan dos turnos de 9 horas de lunes a viernes. (en este sector de la empresa, debido a que el sector de producción de piezas, trabaja tres turnos de 8 horas de lunes a viernes).

9.1.1 Operador del banco de pruebas

Con la información obtenida a través de la observación continua, podemos extraer los porcentajes de actividades que generan pérdidas.

De la tabla 2 se infiere que, el 47,3% del tiempo el operador está detenido, y esta detención podría evitarse con la propuesta descrita en el capítulo anterior. El cálculo de la pérdida actual, en pesos chilenos, se efectúa de la siguiente manera:

$$9 \left[\frac{hr}{turno} \right] * 0,473 * 5.201 \left[\frac{CLP}{hr} \right] = 22.141 \left[\frac{CLP}{turno} \right] \quad (2)$$

Es decir, cada turno se está perdiendo, con el operador del banco, un total de 22.141 [CLP] debido a la falta de abastecimiento. Esto en un día completo equivale al doble, es decir:

$$22.141 \left[\frac{CLP}{turno} \right] * 2 \left[\frac{turno}{día} \right] = 44.282 \left[\frac{CLP}{día} \right] \quad (3)$$

9.1.2 Operador auxiliar del banco de pruebas

De la observación continua de este puesto, rescatamos las actividades que generar pérdidas, las cuales son, desplazamientos, movimiento del carro, inactividad por falta de abastecimiento, siendo un total de 67,7%. El cálculo de la pérdida actual, en pesos chilenos, es el siguiente:

$$9 \left[\frac{hr}{turno} \right] * 0,677 * 3.147 \left[\frac{CLP}{hr} \right] = 19.175 \left[\frac{CLP}{turno} \right] \quad (4)$$

Esta cifra es por cada operador, pero, debido a la modificación de la máquina, se eliminaría por completo un puesto de trabajo, obteniendo de esta manera una ganancia del 100% en uno de los puestos de trabajo, es decir:

$$19.175 \left[\frac{CLP}{turno} \right] * 2 \left[\frac{turno}{día} \right] + 3.147 \left[\frac{Clp}{hr} \right] * 18 \left[\frac{horas}{día} \right] = 94.996 \left[\frac{CLP}{día} \right] \quad (5)$$

9.1.3 Grúa de despachos

Las actividades que este puesto realiza, con respecto al banco de pruebas, se verían eliminadas, aligerando la carga de este puesto de trabajo, siendo esta una ganancia esperada con respecto al flujo analizado. Estas actividades son, carga de remolque (para el control las cajas de velocidad) y, la carga desde el remolque al rack de despachos, siendo un total de 9,4% de su carga total, el cálculo para la ganancia esperada, en pesos chilenos, es el siguiente:

$$9 \left[\frac{hr}{turno} \right] * 0,094 * 3.923 \left[\frac{CLP}{hr} \right] * 2 \left[\frac{turno}{día} \right] = 6.638 \left[\frac{CLP}{día} \right] \quad (6)$$

9.1.4 Remolque (Preparador de horquillas)

Semejante al análisis anterior, la liberación de actividades, con respecto al flujo, de este puesto de trabajo, se traduce como una ganancia esperada. Las actividades que este puesto de trabajo no realizaría serían, buscar la grúa de despachos para abastecer el remolque, y el abastecimiento al banco de pruebas, siendo esto un total de 22,1% de su carga total. La ganancia esperada, en consecuencia, a la eliminación de estas actividades es:

$$9 \left[\frac{hr}{turno} \right] * 0,221 * 3.170 \left[\frac{CLP}{hr} \right] * 2 \left[\frac{turno}{día} \right] = 12.610 \left[\frac{CLP}{día} \right] \quad (7)$$

9.2 ANÁLISIS DEL AUMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD

Uno de los objetivos de esta modificación, es el aumento de la producción. Como se describe en el capítulo 6, el nivel de rendimiento operacional de la máquina es de un promedio de 56%, el cual no cumple con la exigencia mínima de la fábrica, un 86% (300 Cv por día). Se espera con esta propuesta, además de eliminar los desplazamientos innecesarios, y disminuir el costo de ineficiencia, el aumento de la productividad en un mínimo de 30% y lograr, idealmente, llegar a un nivel de rendimiento operacional de un 100% (350 Cv por día).

Para la cuantificación del aumento de la cantidad de cajas de cambio controladas y a su vez la ganancia monetaria debido a esta, se deben tener las siguientes consideraciones:

- Aumento de cajas de velocidades controladas por día.
- Tasa de falla de la producción, detectada por el banco de pruebas.
- Valor, en euros, de una caja de velocidades.
- Valor de euro en el periodo del análisis (Agosto 2019).

Para el aumento de las cajas de velocidades controladas por día, se consideran dos aspectos, el mínimo requerido por la empresa (300 Cv por día) y el de capacidad máxima (350 Cv por día), el cual equivale a un aumento del rendimiento operacional de un 30% y de un 44% respectivamente.

Aumento de productividad	Cantidad de CV
30%	105
44%	154

Tabla 9: Aumento de productividad y cantidad de Cv correspondientes

Se aprecia en la tabla el aumento porcentual y a su vez el aumento de la cantidad de cajas controladas debido a la propuesta de mejora.

Para poder cuantificar monetariamente el aumento de la producción, se debe relacionar el valor de la caja de velocidades con respecto al número de cajas con problemas detectados por el banco de pruebas. En otras palabras, relacionar la tasa de falla con el valor monetario de una caja de velocidad.

La tasa de falla de producción detectada por el banco de pruebas, durante el periodo de estudio (Enero 2019-Agosto 2019), es de un 0.77%. es decir que de cada 100 cajas de velocidades controladas un 0.77 de estas presenta una falla la cual es detectada por la máquina. A su vez, el valor de la caja de velocidades de la línea Jxx es de un total de 317 [Euros].

Por lo tanto, se puede obtener el valor de aumento de la producción otorgada por el aumento de rendimiento operacional del banco de pruebas.

- **Mínimo requerido:**

$$105 \left[\frac{\text{Cv}}{\text{día}} \right] * 317 \left[\frac{\text{Euro}}{\text{Cv}} \right] * 0.0077 = 256 \left[\frac{\text{Euro}}{\text{día}} \right] \quad (8)$$

- **Óptimo:**

$$154 \left[\frac{\text{Cv}}{\text{día}} \right] * 317 \left[\frac{\text{Euro}}{\text{Cv}} \right] * 0.0077 = 376 \left[\frac{\text{Euro}}{\text{día}} \right] \quad (9)$$

El valor promedio del euro en agosto del año 2019, según el banco central de Chile es un total de 793,19 [CLP] (4). Además, la empresa trabaja 336 días al año, por lo que se logra obtener el aumento monetario anual, debido al alza de producción, para ambos casos mencionados:

De (8):

$$256 \left[\frac{\text{Euro}}{\text{día}} \right] * 793,19 \left[\frac{\text{CLP}}{\text{Euro}} \right] * 336 \left[\frac{\text{día}}{\text{año}} \right] = 68.305.963 \left[\frac{\text{CLP}}{\text{año}} \right] \quad (10)$$

De (9):

$$376 \left[\frac{\text{Euro}}{\text{día}} \right] * 793,19 \left[\frac{\text{CLP}}{\text{Euro}} \right] * 336 \left[\frac{\text{día}}{\text{año}} \right] = 100.182.079 \left[\frac{\text{CLP}}{\text{año}} \right] \quad (11)$$

Se puede apreciar un alza significativa por parte de la producción, aumento las cajas controladas y estas siendo traducidas a valor monetario, mejoran no solo la utilización de los recursos, sino que también, el aseguramiento de la calidad del producto.

9.3 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Para la factibilidad económica de este proyecto, es necesario observar las ganancias mencionadas y contrastarlas con el costo de una posible inversión.

Como se ha hecho referencia anteriormente, las pérdidas que están presentes debido a los puestos de trabajo del banco de pruebas (operador del banco y operador auxiliar), son potenciales ganancias. Por otra parte, la eliminación de las actividades y en consecuencia puestos de trabajo con relación al banco de pruebas (grúa de despacho y remolque), son ganancias dentro del flujo, debido a que esta carga liberada, se puede utilizar para una labor distinta y más eficiente.

Además, por la parte de la producción, se puede evidenciar un alza en esta misma.

Dicho lo anterior, se abarcará no sólo un análisis diario, sino que también, semanal, mensual y anual.

Ganancias esperadas				
Puesto de trabajo	Diario	Semanal	Mensual	Anual
Operador del banco	\$44.282	\$221.410	\$885.640	\$9.742.040
Operador auxiliar	\$94.996	\$474.980	\$1.899.920	\$20.899.120
Operador de grúa	\$6.638	\$33.190	\$132.760	\$1.460.360
Operador de remolque	\$12.610	\$63.050	\$252.200	\$2.774.200
Total	\$158.526	\$792.630	\$3.170.520	\$34.875.720

Tabla 10: Ganancias esperadas por puesto de trabajo.

De la tabla y el gráfico presentes, se aprecian las ganancias esperadas, siendo la del puesto de trabajo del operador auxiliar la más beneficiosa de este proyecto, debido a la reducción completa de uno de estos. La menor ganancia esperada es la del puesto del operador de la grúa de despachos, esto se debe a la baja participación en el flujo, reafirmando la propuesta, la cual es, en parte, eliminar sus actividades en relación a este.



Gráfico 7: Ganancias anuales esperadas por puesto de trabajo en CLP.

Por parte del aumento de producción, para el caso en particular de comprarlo con la inversión se calcula un promedio que esté dentro del rango admisible, es decir, entre el 86% y el 100% de RO. Para lo cual se obtiene un valor de un total de \$84.244.021 [CLP].

Si bien las ganancias esperadas son de una alta magnitud, es necesario efectuar las modificaciones para hacer efectivas dichas ganancias, para ello se cotiza con una empresa externa que pueda hacer dicha labor.

La empresa capaz de realizar todos los servicios requeridos (movimiento de máquina, desconexiones y reconexiones, modificación de estructura, montaje y pruebas), es la empresa GONTEC SPA, la cual presenta la siguiente respuesta a la cotización para realizar el proyecto en cuestión:

ASUNTO : Obra de Traslado de Maquina - Faena Interior Cormecanica					
Le escribimos para darle respuesta a su solicitud, de los servicios referentes a Especialidad de Obras Civiles y Estructuras Metálica, en el proyecto descrito en asunto. En la siguiente tabla se determinan los valores de nuestros servicios:					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
1.1	Habilitación de Zona para Movimiento de Maquina	GL	1	\$ 684.027	\$ 684.027
1.2	Desconexión Eléctrica, Neumática e Hidráulica	GL	1	\$ 593.143	\$ 593.143
1.3	Desmontaje Paneles de Cabina y Otros	GL	1	\$ 1.260.243	\$ 1.260.243
1.4	Preparación y Despeje de Área Nueva Ubicación Máquina	GL	1	\$ 649.849	\$ 649.849
1.5	Traslado de Máquina a Destino Final	GL	1	\$ 654.346	\$ 654.346
1.6	Modificación Paneles de Cabina - Reducción Area de Trabajo	GL	1	\$ 1.236.502	\$ 1.236.502
1.7	Montaje de Estructura Modificada	GL	1	\$ 1.245.852	\$ 1.245.852
1.8	Conexión de Máquina Eléctrica, Neumática e Hidráulica	GL	1	\$ 2.159.467	\$ 2.159.467
1.9	Desarrollo Puebas - Limpieza de Faena - Entrega de Obra	GL	1	\$ 432.547	\$ 432.547
1.10	Servicio de Fabricación de Baranda Seguridad 8 Metros con Pilares	GL	1	\$ 1.941.734	\$ 1.941.734
1.11	Servicio de Fabricación de Carro Desalojo de Cajas	GL	1	\$ 2.523.796	\$ 2.523.796
				TOTAL NETO	\$ 13.381.508

Imagen 33: Extracto de cotización con la empresa GONTEC SPA.

De la imagen se puede obtener el costo del proyecto, el cual es un total de \$13.381.508 [CLP], valor que está por debajo de las ganancias esperadas. Para un análisis más concreto y certero, se debe calcular el payback, definiendo el costo de la cotización presentada como la “inversión inicial”, y la ganancia esperada como el “resultado final”:

$$PB = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Resultado final}} = \frac{13.381.508 \text{ [CLP]}}{34.875.720 \left[\frac{\text{CLP}}{\text{Año}} \right] + 84.244.021 \left[\frac{\text{CLP}}{\text{Año}} \right]} = 0,11[\text{Año}] \quad (12)$$

La razón de la simplificación de este cálculo (sin aplicar intereses), es debido al potencial económico de la empresa, y su capacidad de inversión. Dicho esto, se concluye que dentro de 2 meses el proyecto comenzará a generar rentabilidad y ganancias, desde el punto de vista monetario para la empresa. El impacto logístico y el alza en la eficiencia de la producción, se verán afectados una vez realizada la modificación del flujo, debido a el reposicionamiento y reconfiguración del banco de pruebas.

10. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

El proceso analizado en el presente trabajo, sufre de una gran cantidad de pérdidas por su basta organización logística, afectando este, al proceso global del área productiva de la empresa, debido a la importancia del control, por lo que es necesario efectuar la propuesta ya mencionada.

En síntesis, el proyecto de reconfiguración y reubicación del banco de pruebas BJB-01 es factible, debido a que solamente se debe invertir una única vez el monto solicitado por la empresa externa. Es importante destacar el aumento de la productividad debido a esta modificación. Al poseer un PayBack de 0,11 [año] las ganancias, desde el punto de vista económico, serán constatadas por la empresa dentro de un semestre, lo cual está dentro de los parámetros de la empresa.

Se aprecia la optimización de los flujos en el proceso, tanto entorno al banco, como el flujo interno de este, dejando en evidencia la reducción de los desplazamientos del producto terminado, y los puestos de trabajos totales involucrados en el proceso, haciéndolo un control más económico, desde el punto de vista del recurso humano y de la maquinaria.

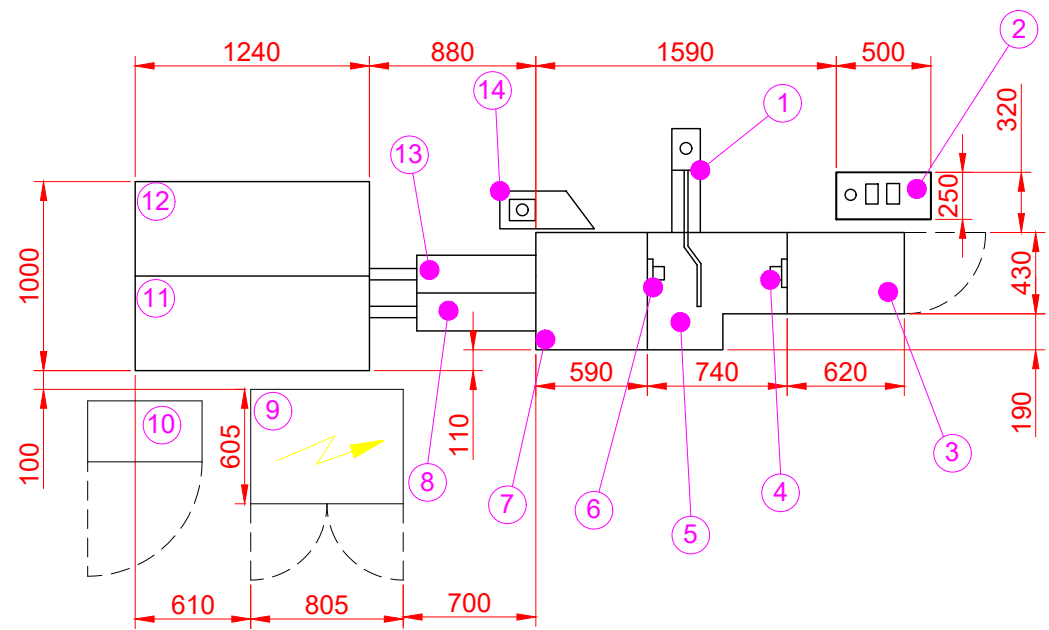
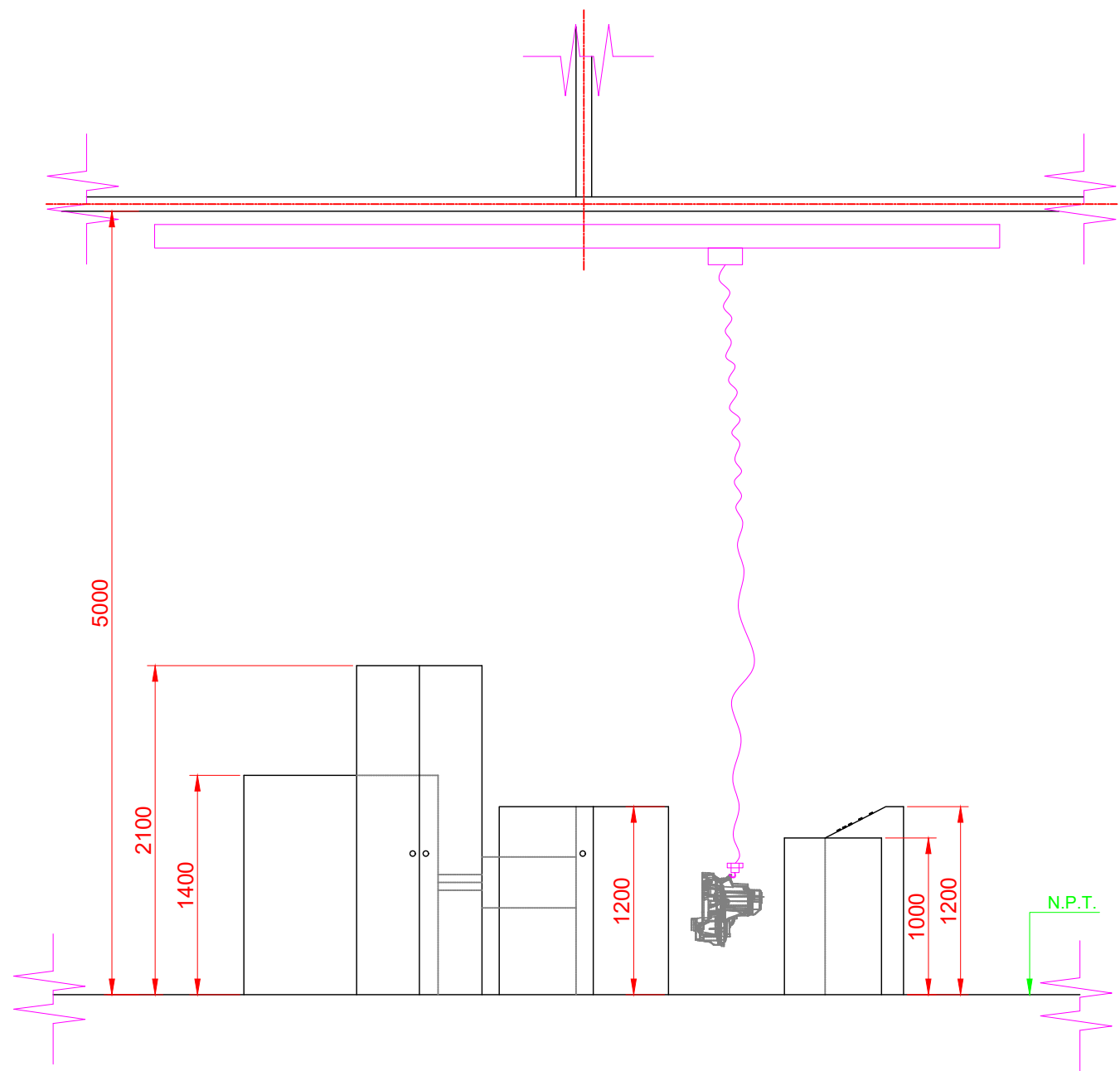
Esta optimización y el alza de la producción alcanzada es debido al buen uso de las técnicas Lean Manufacturing, llevando a la recolección de datos fiables, y, en consecuencia, medidas correctivas certeras, a la causa raíz del problema, reafirmando de esta manera, la eficacia de estas herramientas. El mal uso de estas, como una observación continua de menor tiempo, llevaría a datos erróneos, no reflejando la realidad observada y tomando malas decisiones. Es por ello la importancia del buen uso de estas herramientas.

Es importante destacar que, la alteración del entorno y las condiciones de trabajo, condicionan con la conducta de los operadores, pudiendo, mediante la propuesta presentada, eliminar malas prácticas, y mejorar la estandarización de los puestos de trabajo involucrados.

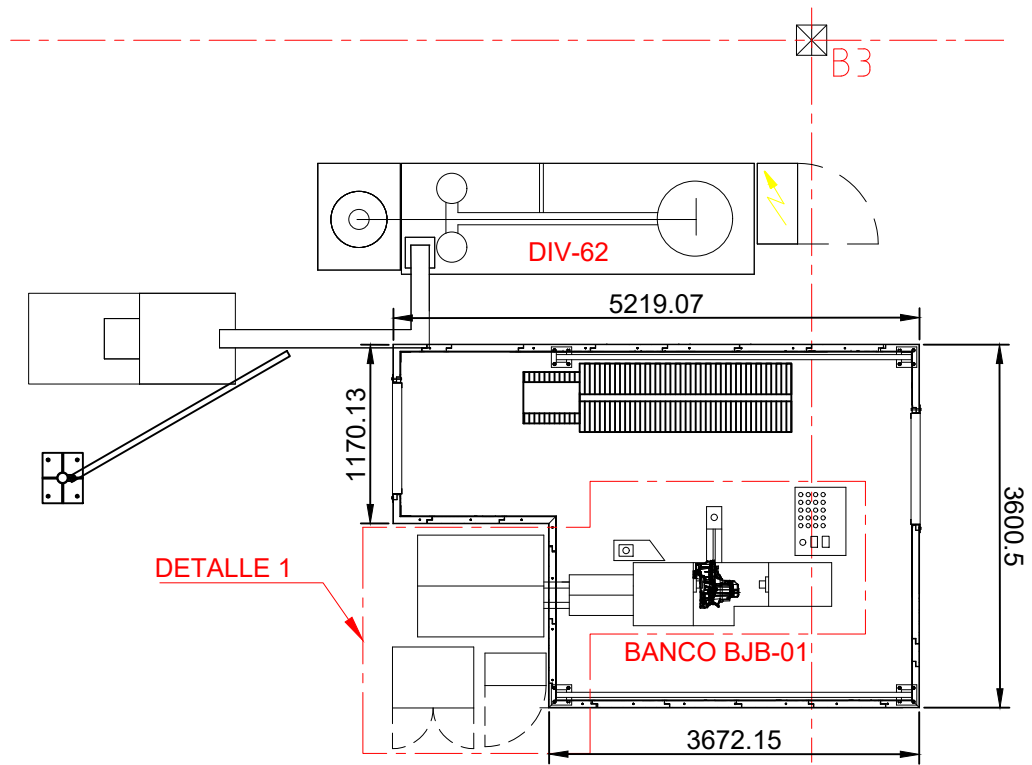
Se sugiere para un futuro análisis, la opción de una mejora técnica a la máquina, debido a su antigüedad, esta no posee un control objetivo, haciendo depender el proceso de la experticia del operador. Para dicho análisis, es necesario tomar en cuenta, los insumos que esta máquina utiliza, quizás en el mercado exista una máquina que pueda realizar el mismo control de una mejor manera. También una vez implementada esta nueva dinámica de flujo, sería interesante observar si la máquina debe funcionar con la frecuencia de trabajo actual, es decir dos turnos diarios, debido a que, por la reducción de desplazamientos y tiempos muertos, es capaz de alcanzar la meta de control de cajas de cambios en un periodo de tiempo más acotado.

11. REFERENCIAS

- (1) Hernández, J. & Vizán, A. (2013). Conceptos generales del Lean Manufacturing. En Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implementación (pp. 9-11). Madrid, España: Medio ambiente industria y energía.
- (2) Hernández, J. & Vizán, A. (2013). Conceptos generales del Lean Manufacturing. En Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implementación (pp. 45-47). Madrid, España: Medio ambiente industria y energía.
- (3) Kenichi Sekine. (2005). One-Piece Flow: Cell Design for Transforming the Production Process.: Paperback.
- (4) Banco Central De Chile. (Agosto, 30, 2019). Indicadores diarios. Agosto, 30, 2019, de Banco Central De Chile Sitio web:
https://si3.bcentral.cl/Indicadoresiete/secure/Serie.aspx?gcode=PRE_EUR¶m=cgBnAE8AOQBLAGcAIwBiAFUALQBsAEcAYgBOAEkASQBCAEcAegBFAFkAeABkADgASAA2AG8AdgB2AFMAUgBYADIAQwBzAEEARQBMAG8ASgBWADQATABrAGQAZAB1ADIAeQBBAFAAZwBhADIAbABWAHcAXwBXAGgATAAkAFIAVAB1AEIAbAB3AFoAdQBRAFgAZwA5AHgAdgAwACQATwBZADcAMwAuAGIARwBFAFIASwAuAHQA

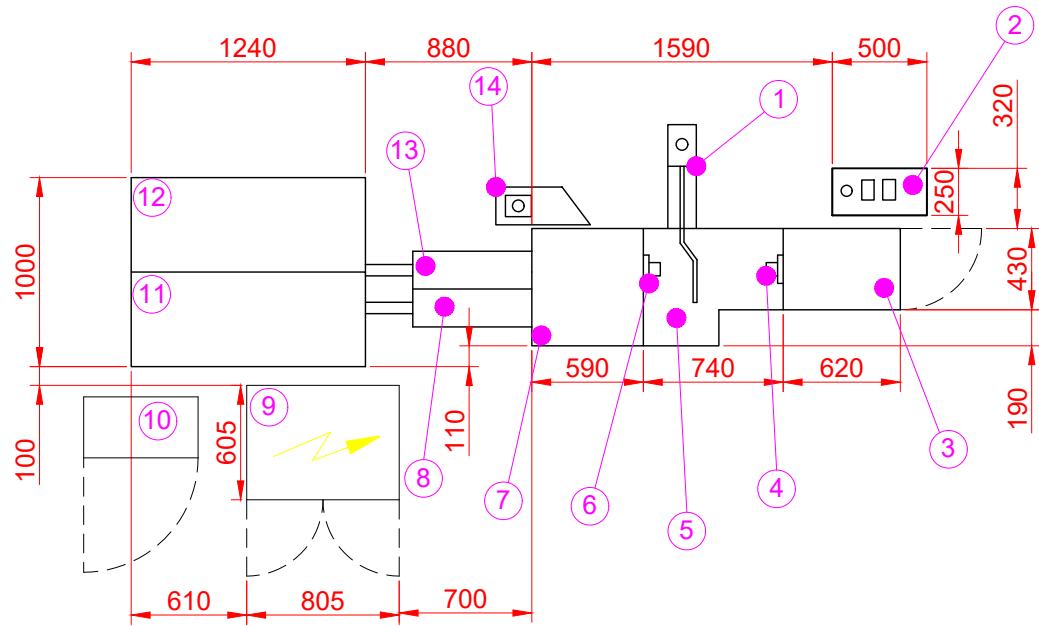
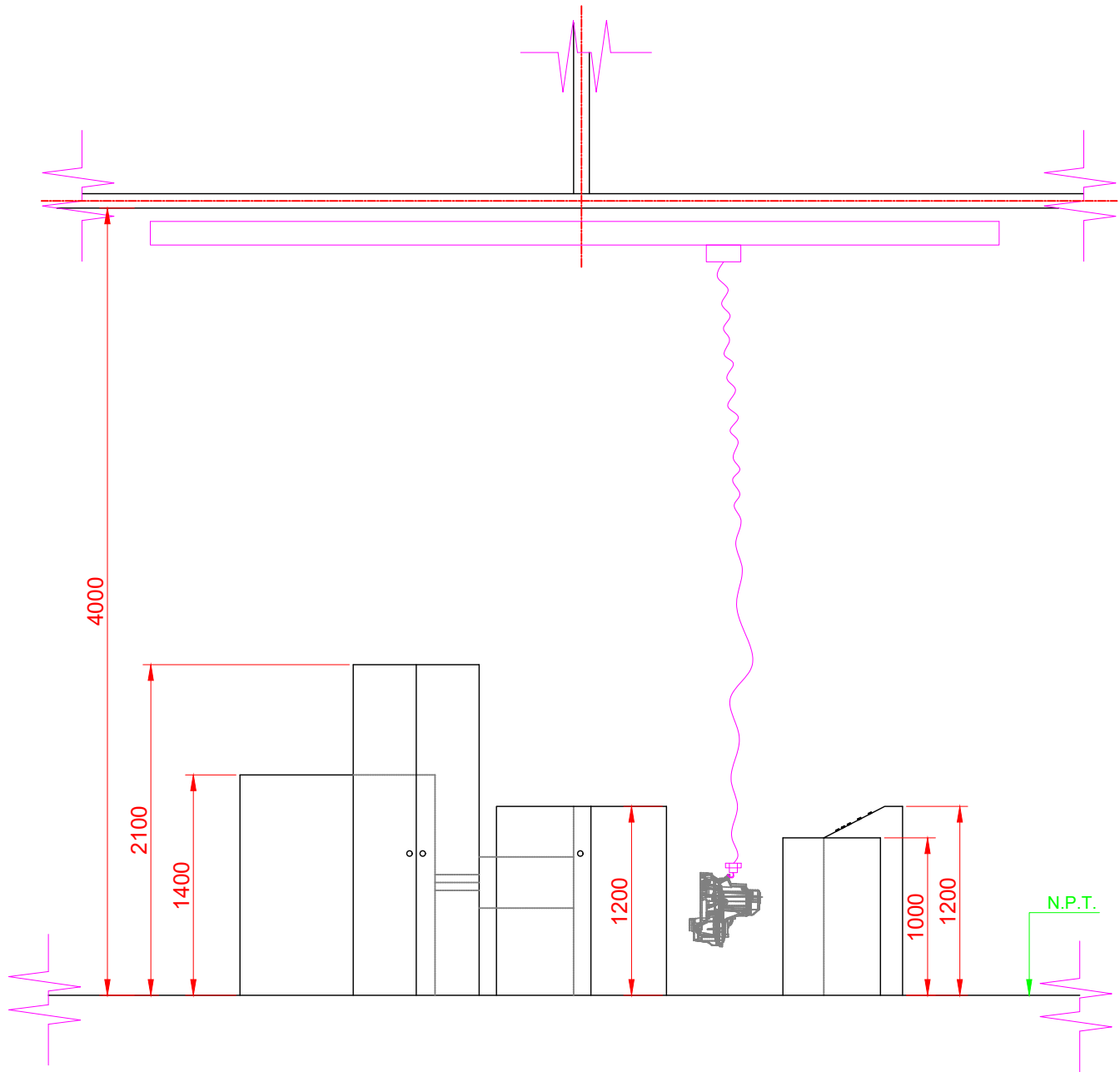


DETALLE 1
S/E

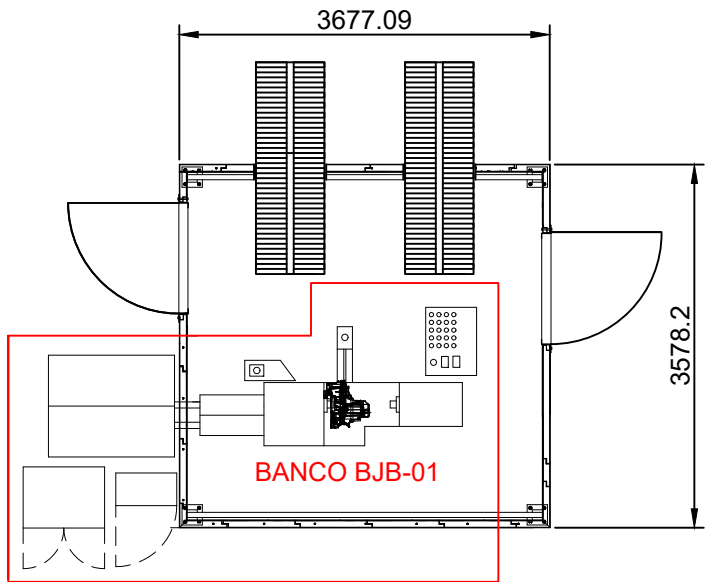


UBICACIÓN INTERIOR PLANTA CMC LOS ANDES
ESCALA 1:75

14	1	TAPON DE VACIADO				
13	1	EJE DE FRENO				
12	1	FRENO ELÉCTRICO				
11	1	MOTOR				
10	1	UNIDAD DE MANTENIMIENTO NEUMÁTICO				
9	1	TABLERO ELÉCTRICO				
8	1	EJE DE MOTOR				
7	1	DISCO DE EMBRAGUE				
6	1	ACOPLE PUNTA DE MOTOR				
5	1	BANCADA				
4	1	ACOPLE PUNTA DE DIRECCIÓN				
3	1	PANEL SENSOR RPM				
2	1	PEDALES				
1	1	PALANCA DE CAMBIO				
REFERENCIA	CANTIDAD	TÍTULO/NOMBRE/DESIGNACIÓN				
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	PROYECTO:	PLANO N°	
PROYECTÓ	S. FLORES		02.07.19	UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA ESTUDIO DE BANCO DE CONTROL DE PRUEBA DE LA USINA CORMECANICA S.A. (LAY-OUT)	02-07-2019	
DIBUJÓ	S. FLORES		02.07.19			
REVISÓ	E. ARANGUIZ		02.07.19			
APROBÓ	E. ARANGUIZ		02.07.19			
PROF. GUÍA	R.MENA				ESCALA: INDICADAS	REV: A



DETALLE 1
S/E



DETALLE 1

UBICACIÓN INTERIOR PLANTA CMC LOS ANDES
ESCALA 1:75

14	1	TAPON DE VACIADO
13	1	EJE DE FRENO
12	1	FRENO
11	1	MOTOR
10	1	TABLERO AIRE
9	1	TABLERO ELÉCTRICO
8	1	EJE DE MOTOR
7	1	DISCO DE EMBRAGUE
6	1	ACOPLE PUNTA DE MOTOR
5	1	BANCADA
4	1	ACOPLE PUNTA DE DIRECCIÓN
3	1	PANEL SENSOR RPM
2	1	PEDALES
1	1	PALANCA DE CAMBIO
REFERENCIA	CANTIDAD	TÍTULO/NOMBRE/DESIGNACIÓN
	NOMBRE	FIRMA
PROYECTÓ	S. FLORES	02.07.19
DIBUJÓ	S. FLORES	02.07.19
REVISÓ	E. ARANGUIZ	02.07.19
APROBÓ	E. ARANGUIZ	02.07.19
PROF. GUÍA	R.MENA	
PROYECTO:		
UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA ESTUDIO DE BANCO DE CONTROL DE PRUEBA DE LA USINA CORMECANICA S.A. (LAY-OUT)		
PLANO N°		
02-07-2019		
ESCALA:	INDICADAS	REV: A

GONTEC SPA
 RUT: 77.027.991-7

PARA : Sr. Sebastián Flores
 EMPRESA : Industria de Conjuntos Mecánicos Aconcagua - Cormecanica S.A.
 RUT : 93.367.000-7
 TELEFONO : +569 - 82342613
 E-MAIL : sebastian.flores-fuentes@renault.com

FECHA : 27-08-2019
 NUMERO : 1

ASUNTO : Obra de Traslado de Maquina - Faena Interior Cormecanica

Le escribimos para darle respuesta a su solicitud, de los servicios referentes a Especialidad de Obras Civiles y Estructuras Metálica, en el proyecto descrito en asunto. En la siguiente tabla se determinan los valores de nuestros servicios:

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
1.1	Habilitación de Zona para Movimiento de Maquina	GL	1	\$ 684.027	\$ 684.027
1.2	Desconexión Eléctrica, Neumática e Hidráulica	GL	1	\$ 593.143	\$ 593.143
1.3	Desmontaje Paneles de Cabina y Otros	GL	1	\$ 1.260.243	\$ 1.260.243
1.4	Preparación y Despeje de Área Nueva Ubicación Máquina	GL	1	\$ 649.849	\$ 649.849
1.5	Traslado de Máquina a Destino Final	GL	1	\$ 654.346	\$ 654.346
1.6	Modificación Paneles de Cabina - Reducción Area de Trabajo	GL	1	\$ 1.236.502	\$ 1.236.502
1.7	Montaje de Estructura Modificada	GL	1	\$ 1.245.852	\$ 1.245.852
1.8	Conexión de Máquina Eléctrica, Neumática e Hidráulica	GL	1	\$ 2.159.467	\$ 2.159.467
1.9	Desarrollo Puebas - Limpieza de Faena - Entrega de Obra	GL	1	\$ 432.547	\$ 432.547
1.10	Servicio de Fabricación de Baranda Seguridad 8 Metros con Pilares	GL	1	\$ 1.941.734	\$ 1.941.734
1.11	Servicio de Fabricación de Carro Desalojo de Cajas	GL	1	\$ 2.523.796	\$ 2.523.796

TOTAL NETO \$ 13.381.508

DEFINICIÓN DE APORTES

GONTEC SPA

Personal experimentado y certificado
 Personal con EEPP
 Personal con EEPP Técnico
 Procedimientos Trabajo Seguro
 Soldadores Certificados
 Protocolos de calidad
 Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos
 Ingeniería básica del proyecto
 Personal de Seguridad y Salud Ocupacional

CMC

Servicios Higiénicos
 Punto de anclaje eléctrico para herramientas a 20 metros de faena

ANTECEDENTES GENERALES

Una vez aceptada la oferta, enviar orden de compra con Cotización adjunta, el cual formará parte del Contrato.
 Los cobros serán mensuales una vez terminada la labor
 Valores Netos
 Duración de la oferta 30 días de corridos, contados de la fecha de entrega de la cotización
 Pago Contado contra entrega de Factura

Marcelo Jiménez Herrera
 Gerente Comercial
 Fono: +569-74318523
 Email: mjimenez@gontec.cl
 Avenida Pascual Baburizza N° 7