

Universidad de Costa Rica
Sede Interuniversitaria de Alajuela
Escuela de Ingeniería Industrial

Proyecto de Graduación

Diseño del proceso de alimentación de materias primas
menores de la planta de producción de Cobesa

Diego Fernández Miranda

Manuel Jiménez Solano

Horacio Morera Salazar

Para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería
Industrial

Febrero, 2020

Universidad de Costa Rica
Sede Interuniversitaria de Alajuela
Escuela de Ingeniería Industrial

Proyecto de Graduación

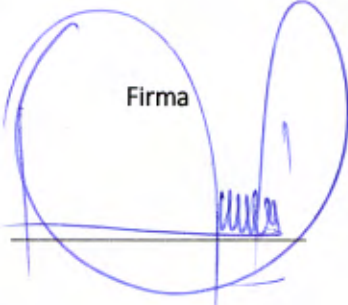

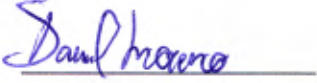
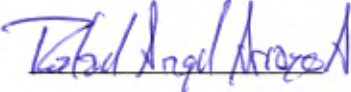

Diseño del proceso de alimentación de materias primas
menores de la planta de producción de Cobesa

Diego Fernández Miranda
Manuel Jiménez Solano
Horacio Morera Salazar

Para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería
Industrial

Junio, 2020

Aprobación del proyecto

Miembro del Tribunal	Firma	Fecha
Dr. Roberto Quirós Vargas Representante de la Dirección		<u>18/09/2020</u>
Lic. Ángela García León Director (a) del Comité Asesor		<u>8/09/2020</u>
Mba. Daniel Moreno Conejo Asesor (a) Técnico(a)		<u>08-09-2020</u>
Lic. Rafael Arroyo Argüello Profesional Contraparte		<u>9/09/2020</u>
Lic. Enrique Acuña Profesor (a) Lector (a)		<u>8/9/20</u>

Dedicatoria o agradecimiento

Horacio Morera Salazar:

Quiero agradecer a Dios por la oportunidad de la vida, a mi padre por el apoyo incondicional durante todos estos años de estudios, a mi madre el más profundo de los agradecimientos por todo el trabajo realizado para que yo lograra permanecer en la universidad, sin ellos no hubiera alcanzado esta meta, así como al resto de mi familia que de una u otra forma me brindaron su apoyo.

También quiero agradecer a mis compañeros de tesis, Diego Fernández y Manuel Jiménez porque han sido más que compañeros, amigos y hermanos con quienes logamos formar un gran equipo de trabajo y superamos toda clase de pruebas y retos que conlleva este tipo de proyectos, espero que ambos sigan siendo parte del resto de mi vida.

Al mismo tiempo quiero extender mi agradecimiento a los profesores Ángela García y Daniel Moreno por toda la ayuda que nos brindaron durante todo este periodo, han sido una guía invaluable y un gran apoyo, de ellos aprendí grandes lecciones que me ayudarán en mi vida profesional y personal.

Por último quisiera agradecer a todos esos amigos que me dieron muestras de apoyo y de motivación para para continuar luchando por mis metas.

Diego Fernández Miranda:

Antes que nada, quiero agradecer a Dios por la salud y la oportunidad de estudiar en la universidad más prestigiosa del país. Segundo a mis padres, quienes me han apoyado en todo momento y que, sin ellos, no sería la persona que soy en este momento. A ellos mi más profundo agradecimiento por este logro y por todo lo que tengo en mi vida.

Tercero, quiero agradecer a mis hermanas, quienes son mi mayor motivación y la razón por la que trato de ser siempre mejor. Gracias por apoyarme en mis momentos de crisis, donde ya no quería nada y ustedes mi hicieron continuar. Este y todos mis logros son dedicados a ustedes y gracias a ustedes. Adicional, agradecer a toda mi familia, pues son un pilar en mi vida; especialmente a mi tía y mi ahijada, que me brindaron su apoyo a lo largo de la carrera y fueron una motivación adicional para superarme y entregar lo mejor de mí.

Cuarto, agradecer a mis compañeros de tesis Manuel Jimenez y Horacio Morera, quienes a lo largo de este proceso llegaron a convertirse en grandes amigos, a pesar de todas las circunstancias que conlleva este proceso. Definitivamente fueron un equipo de trabajo ejemplar y fue la mejor decisión vivir esta experiencia a su lado. Quiero agradecer también a Angela García como directora de la tesis, pues la guía que nos dio a lo largo de todo el proceso nos permitió ejecutar un excelente proyecto.

Finalmente, agradecer a mis amigos, que en todo momento me apoyaron y me motivaron para no dejar nunca de luchar por esta meta. A pesar de todos los altibajos de la carrera, ellos siempre estuvieron motivándome para salir adelante y superarme, a ellos también va dedicado este logro.

Manuel Jiménez Solano:

Primeramente quisiera agradecer a mis padres por todo el apoyo que me han dado siempre, los consejos que siempre he tenido de su parte y el ejemplo de nunca rendirme en la vida por lo que quiero, gracias a ellos siempre seré una persona que no se rinde ante ninguna situación y esta tesis es 100% para ustedes.

También quisiera agradecer a mi hermana ya que ella es responsable en gran parte de mi carácter, y gracias a ello hoy soy quien soy, no quisiera olvidar a mis compañeros de tesis Diego Fernandez y Horacio Morera, quienes me acompañaron en esta aventura final, y en la cual se forjó una excelente amistad, con ellos pase momentos únicos.

Y no menos importante a todos esos amigos que hice en el camino, cada uno de ellos sabe lo muy agradecido que estoy de haberlos encontrado en esta aventura de mi vida y los momentos felices y tristes que pasamos. Finalmente quiero agradecer a una persona que significa mucho para mí, ya que me ayudó a ver el mundo de una forma diferente, aprendí a observar las cosas con mayor detalle gracias a ella, aprendí que en la simplicidad de un girasol, puedes encontrar la sonrisa de una persona, y que el amor y la Luna a veces van de la mano.

Resumen gerencial

El siguiente proyecto de graduación fue realizado en la planta de producción de concentrado para aves Cobesa, perteneciente a la multinacional Cargill, la cual tiene un enfoque humanitario en sus operaciones; es decir, se considera que sus colaboradores son su principal activo. Debido a esto, los procesos empleados en la planta están centrados en la salud ocupacional. Sin embargo, el diseño actual del área de alimentación de materias primas menores consta de actividades de gran esfuerzo físico, por lo que las evaluaciones obtenidas en las auditorías de ergonomía realizadas periódicamente siempre arrojan resultados negativos.

Ante este hallazgo inicial, el equipo de trabajo efectuó un diagnóstico, el cual permitió determinar que, en efecto, el área de alimentación de materias primas menores no cumplía con los principios básicos de ergonomía; sumado a esto, se constató que dicha área tiene un 66 % de productividad, un 44 % de eficiencia de línea y oportunidades de mejora importantes con respecto al tiempo de ciclo, lo que le impide cumplir las proyecciones de producción en un plazo de tres años, al menos sin pagar horas extra, que es lo que se hace actualmente para alcanzar la demanda semanal.

Con base en esto, se elabora el diseño de todos los procesos del área en estudio, en procura de determinar de manera cuantitativa, el beneficio de automatizar los procesos de alimentación de materias primas menores, mediante una matriz multicriterio, la cual considera variables como: necesidad del proceso, interés de la gerencia, factibilidad de automatización y propiedades físicas, asignando un peso del 35 %, el 30 %, el 25 % y el 10 %, respectivamente. Tras analizar los resultados, se automatizó los procesos de alimentación de las siguientes materias primas: harina de pluma, harina de carne, calcio, fosfato y reproceso.

Aunque los procesos de alimentación de las sales (aditivos) y el núcleo no fueron automatizados, también se elaboró un diseño de procesos, de forma que se cumpliera con todos los principios de ergonomía y se mejoraran los indicadores relacionados con productividad.

Mediante este nuevo diseño del área en estudio se logró obtener resultados positivos en el tema ergonómico, disminuyendo considerablemente el riesgo de seguridad ocupacional para los operarios. Por otro lado, se podría aumentar la capacidad nominal de producción un 53 %, sin embargo, no es posible aprovechar la totalidad del aumento, debido a que el área de peletizadoras (fuera del alcance del proyecto) se convertiría en el nuevo cuello de botella de la operación, limitando el aumento de la capacidad a un 15,4 %. Aún con esta limitante, el aumento en la capacidad asegura un 100 % de cumplimiento de las proyecciones de producción.

Al ser un proyecto que implica inversión, es necesario analizar su rentabilidad, con el fin de justificar económicamente su realización. Con base en esto, se lleva a cabo un flujo neto de efectivo a 7 años, para determinar el comportamiento del dinero en el tiempo y calcular los indicadores de rentabilidad, obteniendo un VAN de casi €23 millones y un TIR del 19 %, con una tasa de interés del 10 %. Así mismo, la inversión se recupera en un lapso de 44,5 meses (3,7 años). A partir de estos resultados, se asegura la rentabilidad del proyecto.

Índice

Resumen gerencial.....	viii
Introducción	13
Abreviaturas y acrónimos.....	15
Capítulo 1. Justificación del proyecto	16
1. Generalidades y justificación del proyecto.....	16
1.1. Descripción de la empresa	16
1.2. Alcance del proyecto.....	16
1.3. Justificación del problema.....	16
1.4. Problema	20
1.5. Beneficios asociados al proyecto.....	20
2. Objetivo general e indicadores de éxito.....	20
2.1. Objetivo.....	20
2.2. Indicadores de éxito.....	20
3. Limitaciones	21
4. Marco de referencia teórico	21
4.1. Operaciones	21
4.2. Tiempo estándar.....	22
4.3. Capacidad.....	23
4.4. Ergonomía y cargas de trabajo	25
4.5. Tiempo improductivo.....	26
4.6. Decisiones estratégicas	27
5. Metodología general	29
6. Cronograma de trabajo	31
1. Objetivos de diagnóstico	33
1.1. Objetivo general de diagnóstico.....	33
1.2. Objetivos específicos de diagnóstico	33
2. Metodología de diagnóstico	34
3. Etapa 1: Evaluación ergonómica	34
3.1. Estudio de condiciones ambientales de trabajo.....	35
3.2. Evaluación de cargas de trabajo	36
3.3. Análisis estratégico empresarial con respecto a la política de ergonomía	38
3.4. Diagrama de causa y efecto	39

4.	Etapa 2: Caracterización de procesos.....	41
4.1.	Realización de mapeo de procesos.....	41
4.2.	Análisis de actividades de alta carga laboral.....	44
5.	Etapa 3: Estudio de tiempos	51
5.1.	Determinación de tiempo disponible	52
5.2.	Estudio de tiempos enfocado en capacidad de producción	53
5.3.	Variables operativas.....	55
5.4.	Balance de actividades.....	57
6.	Etapa 4: Capacidad de cumplimiento de pronósticos	59
6.1.	Cálculo de pronósticos	59
6.2.	Capacidad de cumplimiento de planes de producción	60
7.	Conclusiones etapa de diagnóstico	62
	Capítulo 3. Diseño.....	63
1.	Objetivos de diseño.....	63
1.1.	Objetivo general de diseño	63
1.2.	Objetivos específicos de diseño	63
2.	Metodología para la elaboración del diseño	64
3.	Etapa 1: Evaluación de insumos y restricciones e investigación de sistemas de automatización	66
3.1.	Determinación de restricciones.....	66
3.2.	Investigación de equipo	68
3.3.	<i>Benchmarking</i>	¡Error! Marcador no definido.
4.	Etapa 2: Diseño del sistema automatizado de alimentación de materias primas menores.	72
4.1.	Selección de materias primas por automatizar	72
4.2.	Diseño de línea de producción automatizada.....	73
4.3.	Diseño de alimentación de la línea de producción.....	79
4.4.	Definición de puntos de reorden y métodos de control.....	82
4.5.	Tiempo de ciclo.....	84
4.6.	Comprobación de cumplimiento de objetivos	85
4.7.	Cotizaciones.....	87
5.	Etapa 3: Documentación y estandarización de procesos	88
5.1.	Requerimientos de personal	89
5.2.	Diagrama de flujo del diseño.....	89

5.3.	Estandarización de procedimientos.....	91
6.	Conclusiones etapa de diseño.....	95
6.1.	Conclusiones de investigación.....	95
6.2.	Conclusiones de diseño.....	95
6.3.	Conclusiones de la documentación y estandarización de procedimientos	95
Capítulo 4.	Validación	96
1.	Objetivos de validación.....	96
1.1.	Objetivo general de validación	96
1.2.	Objetivos específicos de diseño	96
2.	Metodología empleada para la validación	97
3.	Etapa 1: Análisis de rentabilidad	98
3.1.	Flujo neto de efectivo	98
3.2.	Indicadores de rentabilidad	100
4.	Etapa 2: Cumplimiento de principios básicos de ergonomía.....	103
4.1.	Evaluación de cargas de trabajo y auditorías de ergonomía.....	104
4.2.	Comparación de resultados	105
5.	Etapa 3: Cumplimiento de proyecciones de producción	106
5.1.	Aumento de capacidad de producción	107
5.2.	Cumplimiento de proyecciones de producción.....	109
6.	Conclusiones etapa de validación	110
	Conclusiones sobre el cumplimiento de los principios básicos de ergonomía.....	110
	Conclusiones sobre el cumplimiento de las proyecciones de producción	111
	Conclusiones.....	112
	Bibliografía	113
	Anexos.....	116
	Apéndices	116

Índice de Figuras

Figura 1.	Metodología de diagnóstico	34
Figura 2.	Evaluación ergonómica	35
Figura 3.	Cantidad de actividades según clasificación de carga de trabajo.....	38
Figura 4.	Diagrama de causa y efecto.....	40
Figura 5.	Caracterización de procesos.....	41
Figura 6.	Mapeo de procesos de Cobesa.....	42
Figura 7.	Diagrama de actividades del proceso de alimentación de materias primas menores.....	43
Figura 8.	SIPOC Trasladar saco de harina de carne.....	45

Figura 9. SIPOC para la actividad Pesaje de calcio.....	46
Figura 10. SIPOC de Pesaje de pluma.....	47
Figura 11. SIPOC de actividad de Vaciado de harina de carne.....	48
Figura 12. SIPOC de Traslado de pluma y calcio.....	49
Figura 13. SIPOC Vaciado de pluma y calcio.....	50
Figura 14. SIPOC Agregado de reproceso.....	51
Figura 16. Tiempo real disponible.....	52
Figura 17. Tiempo no disponible.....	53
Figura 18. Cantidad de tiempo según la clasificación de carga de trabajo.....	55
Figura 19. Comparación de capacidad de producción.....	58
Figura 20. Capacidad de cumplimiento de pronóstico.....	59
Figura 21. Salida gráfica de pronóstico.....	60
Figura 22. Cumplimiento de pronóstico.....	61
Índice de Tablas	
Tabla 1. Comparación de escenarios.....	17
Tabla 2. Metodología general.....	29
Tabla 3. Descarga de tolvas.....	82
Tabla 4. Evaluación de cargas de trabajo de tareas manuales.....	87
Tabla 5. Cotizaciones.....	88
Tabla 6. Eficiencia de línea.....	89
Tabla 7. SOP operario de línea.....	91
Tabla 8. SOP montacarguista.....	93
Tabla 9. SOP asistente de montacarguista.....	94
Tabla 10. Flujo neto de efectivo.....	99
Tabla 11. Auditorías OWAS y Rodgers.....	104
Tabla 12. Evaluación de cargas de trabajo.....	104
Tabla 13. Comparación de resultados de Auditoría OWAS y Rodgers.....	105
Tabla 14. Comparación de resultados de evaluación de cargas de trabajo.....	106
Tabla 15. Tiempo estándar BR4.....	117
Tabla 16. Tiempo estándar BR3.....	118
Tabla 17. Cantidad de horas extras.....	119
Tabla 18. Tiempo improductivo.....	119
Tabla 19. Errores de pronóstico.....	120
Tabla 20. Primer paso.....	122
Tabla 21. Segundo paso.....	123
Tabla 22. Tercer paso.....	123
Tabla 23. Cuarto paso.....	123
Tabla 24. Registro de pesaje.....	124

Introducción

Los métodos de producción de una empresa están determinados por todos los procedimientos que utilizan para llevar a cabo sus actividades productivas. Estos métodos van a influir en muchos indicadores que muestran la capacidad de cumplir o incumplir con los objetivos definidos por la gerencia. La industria a nivel mundial se ha venido enfocando en optimizar actividades, y la producción en masa ha tenido un panorama de cambio, en especial desde la primera Revolución Industrial hasta la fecha.

La automatización de los procesos industriales ha potencializado muchos aspectos de las empresas que la aplican en sus operaciones, al punto de ser importante para lograr competir y permanecer en el mercado. Entre los distintos aspectos que mejoran con la automatización, hay dos significativos en los que se basa este trabajo de graduación: reducción de los tiempos de ciclo y reducción del esfuerzo humano; esto tiene por consecuencia una mejora en la productividad y una mayor seguridad ocupacional.

El documento está compuesto por cuatro capítulos: en el primer capítulo se elabora la propuesta de proyecto, en donde se ejecuta una evaluación preliminar de las oportunidades de mejora, las cuales se desarrollan a mayor profundidad en el capítulo dos, donde se realiza un diagnóstico para identificar los principales hallazgos, los cuales muestran el estado actual de la organización, y se evidencia la necesidad de implementar un plan de mejora que permita cumplir con las demandas pronosticadas, y mejorar los índices de ergonomía para que alcancen valores permitidos de acuerdo con las políticas internas de la organización.

Estos dos hallazgos obedecen a que, en la actualidad, el área de alimentación de materias primas menores de la planta de producción consta de actividades manuales de alto impacto para los operarios, lo que se traduce en un proceso lento, poco controlado y ergonómicamente inadecuado. Ante esto, los resultados de las evaluaciones de ergonomía no están cumpliendo con las exigencias definidas en sus políticas internas, que son pilares para la organización, debido al enfoque humanitario de las plantas de producción y de la empresa como tal.

Con base en estos hallazgos, en el tercer capítulo se desarrolla el diseño de procesos para el área de alimentación de materias primas menores, con base en la automatización de procesos clave del área en estudio, tomando en consideración tendencias internacionales de automatización en empresas del mismo sector; el resultado es la mejora de la capacidad de producción mediante la disminución del tiempo de ciclo, además de la mejora en la ergonomía de los puestos de trabajo, dado que el diseño se elabora a partir de los principios básicos de ergonomía y seguridad ocupacional.

Con el diseño propuesto, la organización se beneficia, en tanto la capacidad que se alcanza permite cubrir la demanda promedio semanal, así como las proyecciones de producción en un lapso de cinco años. Además, disminuye el riesgo de lesiones laborales, al prácticamente eliminarse los esfuerzos físicos requeridos por el proceso para realizar la producción, dado que el trabajo de mayor peso ahora lo harían máquinas, mientras que las tareas manuales restantes no implican ningún esfuerzo considerable para los operarios.

En el cuarto capítulo se valida el diseño propuesto mediante un análisis económico, en el que se evidencia la viabilidad del proyecto, obteniendo un valor actual neto positivo y TIR superior a la tasa de interés, que en este caso es la tasa de mercado. Además, la inversión se encuentra dentro del presupuesto de la gerencia para distintos proyectos propuestos internamente; sumado a esto, el proyecto tiene un factor importante por encima del tema económico y es la mejora en la salud ocupacional de la organización: según la contraparte, los proyectos de mejora en temas de seguridad, ergonomía y salud ocupacional pasan a ser prioridad para la gerencia.

Abreviaturas y acrónimos

Cobesa: Concentrados Belén S.A.

MAD: error absoluto medio

MAPE: error porcentual absoluto medio

VAN: valor actual neto

TIR: tasa interna de retorno

SIPOC: diagrama de proveedores - entradas - proceso - salidas - clientes

SOP: procedimientos de operación estándar

FNE: flujo neto de efectivo

Capítulo 1. Justificación del proyecto

En este capítulo se presenta la organización en donde se está desarrollando este proyecto de graduación, así como las debilidades encontradas en una evaluación preliminar, y que van a ser base para el desarrollo de un futuro diagnóstico que profundice en las oportunidades de mejora, además del diseño con base en el diagnóstico y su validación.

1. Generalidades y justificación del proyecto

1.1. Descripción de la empresa

Cargill es una empresa que se dedica a proveer productos y servicios alimenticios con presencia en 140 países. En Centroamérica, Cargill opera desde 1969, con dos negocios principales: Cargill Protein (carne roja y aves de corral) y Cargill Feed Nutrition (soluciones en nutrición animal). En 1999, Cargill Protein adquiere Pipasa, empresa dedicada principalmente a la venta de pollo y embutidos, y también adquiere su planta productora de concentrados para aves: Concentrados Belén (Cobesa), ubicada en San Rafael de Alajuela (Cargill, 2018).

El proyecto se desarrolla en Cobesa, donde se produce concentrado de alta calidad para aves de corral, destinado a granjas que Pipasa subcontrata para la producción de pollos.

1.2. Alcance del proyecto

El lugar donde se ejecutará el proyecto es en la planta productora de concentrados Cobesa y abarca la carga de materias primas menores en la plataforma de pesado, el transporte de estas hasta la tolva secundaria y el llenado de la mezcladora (Apéndice 1).

1.3. Justificación del problema

El proyecto se enfoca en el Área de Producción, que contempla dos puntos de abordaje: producción y ergonomía.

El primer tema evaluado es la capacidad de producción de la empresa, y la relación directa que tiene esta con el proceso de alimentación de materias primas menores. Las variables por considerar en esta área son: tiempos estándares, cumplimiento de demanda, capacidad de cumplimiento de pronósticos y tiempos ociosos.

Inicialmente, mediante un estudio de tiempos se determinan los tiempos estándares de Plataforma y el área de alimentación de la tolva primaria (sección automatizada). Este análisis se realiza porque se identificó un punto de confluencia en el proceso de mezclado, donde el resultado de medición del tiempo estándar del proceso de Plataforma se une con el de la sección automatizada, y se estima preciso identificar el cuello de botella entre estos procesos.

Mediante un diagrama de Pareto¹ se determina que los principales productos para la empresa son los tipos de alimento BR3 y BR4 (Apéndice 2). Con base en esto, se realiza un estudio de tiempos para determinar el tiempo estándar de producción (Apéndice 3). Con los tiempos obtenidos se calcula la capacidad de producción estándar, luego se compara con la capacidad promedio real de la planta, la cual es tomada del registro de producción de enero de 2017 a marzo de 2018. Además, como se observa en la Tabla 1, al reducir el tiempo en el cuello de botella a 2:18 min, que corresponde al tiempo del sector automatizado, se obtiene una capacidad potencial con una mejora del 18 % con respecto a la capacidad² promedio, la cual se conseguiría si se logran reducir los tiempos estándares de Plataforma.

Tabla 1. Comparación de escenarios

	Escenario con capacidad promedio	Escenario con capacidad estándar		Escenario con capacidad potencial
Tipo de producto	-	BR3	BR4	-
Tiempos estándar	-	02:45	02:36	02:18
Toneladas por mes	10 014	10 444	10 889	11 905
Mejora con respecto a capacidad promedio	-	4 %	9 %	18 %

Con respecto al cumplimiento de la demanda, la empresa ha tenido dificultades: desde enero de 2017 a diciembre de 2017, no se logró satisfacer la demanda en ningún mes; sin embargo, se cuenta con la planta de Sardinal, la cual es parte del grupo Cargill, y aunque se dedica a otros productos, por la falta de capacidad en Cobesa, se utiliza para completar las demandas de producto que no logra satisfacer Cobesa. Aún con la oportunidad de recurrir a esta planta, en los periodos en estudio se alcanza un 78,6 % de cumplimiento de la demanda (Apéndice 4). Este análisis demuestra la necesidad de aumentar la capacidad de producción. Además, como aspecto relevante, la empresa se plantea la meta de dejar de depender de la planta Sardinal para cumplir con la demanda, y que Cobesa sea autosuficiente para lograr dicho objetivo.

Otro aspecto por considerar es el hecho de que la empresa necesita recurrir al pago de horas extra para alcanzar estos niveles de producción. En la actualidad se están pagando en promedio 471 horas extra mensuales, que representan aproximadamente \$7 000 000 mensuales. Este monto corresponde al 8,5 % del pago de planilla mensual (Apéndice 5).

Continuando con las variables relacionadas con producción, también vinculadas directamente con el cumplimiento de la demanda, se evalúan los tiempos ociosos. La empresa registra solo aquellos

¹ Diagrama de Pareto: representa uno de los primeros pasos que deben darse para realizar las mejoras. Ayuda a definir las áreas prioritarias de intervención, además de atraer la atención de todos sobre las prioridades (Galvano, 1992).

tiempos improductivos³ mayores a quince minutos, por lo que existe cierta cantidad de tiempos ociosos que no se consideran en el historial. Pese a esto, se registra en promedio 33,34 horas mensuales de tiempo improductivo, lo que equivale a un 11,3 % del tiempo disponible de operación (Apéndice 6).

Al evaluar la capacidad de cumplimiento de pronósticos, se observa que estos son enviados por la casa matriz, por lo que, antes de utilizar estos pronósticos como medida de determinación de capacidad de cumplimiento, se evalúan usando los indicadores MAD (error absoluto medio) y MAPE (error porcentual absoluto medio) para identificar los errores asociados al promedio. Como resultado de esa evaluación se obtiene un MAD de 2 722 Ton y un MAPE del 21 % (Apéndice 7). Los valores obtenidos para MAD y MAPE son indicadores de deficiencias en su medición y por ende, en el cálculo de los pronósticos, ya que cuanto menores sean los valores del MAD y el MAPE, el pronóstico suele encontrarse más aproximado a la demanda real; un valor grande anuncia la posibilidad de errores de pronóstico considerables (Krajewski & Ritzman, 2000).

Aunque los pronósticos no representan la demanda real de la empresa, estos datos son de interés para establecer la capacidad que tiene la planta de cumplir las proyecciones de la casa matriz. Con la capacidad promedio real, obtenida mediante el promedio de producción real durante el periodo estudiado, se tiene cumplimiento del pronóstico en un 67 %. Por otro lado, con la capacidad estándar, calculada en función de los tiempos estándar medidos en el proceso, se tendría una capacidad de cumplimiento del 75 %. Con respecto a la capacidad potencial, que es a la que se podría llegar con un rediseño del proceso de alimentación de las materias primas menores, se podría reducir el tiempo con la ayuda de la automatización (Apéndice 8).

Los resultados demuestran que la empresa presenta deficiencias en su sistema productivo, lo que limita tanto la capacidad, como el rendimiento adecuado de la planta, impidiendo alcanzar la demanda del mercado.

El segundo aspecto relevante del proyecto es el tema de ergonomía: contar con métodos de trabajo adecuados implica un mejor desempeño en las labores (Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente, 2009). Para cuantificarlo, se utilizan dos herramientas: evaluación ergonómica Rodgers (Anexo 1) y evaluación ergonómica OWAS (Ovako Working Analysis System) (Anexo 2). Por otro lado, se trabaja con la evaluación de tareas de manipulación manual, partiendo de indicadores clave; esta herramienta se emplea para evaluar las cargas de trabajo.

La herramienta de evaluación ergonómica OWAS evalúa la carga de trabajo (Loisel, 2013), mientras la herramienta de evaluación ergonómica Rodgers,⁴ evalúa el riesgo del área de trabajo (Karwowski, 1999), y ambas se pueden aplicar al mismo tiempo. Con base en esto, se determina que el 46,2 % de

³ Es sinónimo de tiempo ocioso; incluye el tiempo perdido por fallo de máquinas, paros externos o internos, falta de materia prima, etc.

⁴ Rodgers es una herramienta para el análisis ergonómico de la carga postural, que estudia la fatiga de los músculos al realizar un trabajo.

las actividades de alto riesgo se ubican en el proceso de alimentación de materias primas menores. Ahora, evaluando solo este proceso, el 75 % de las actividades son de alto riesgo (Apéndice 9).

Continuando con el aspecto de la ergonomía, se evalúan las cargas mediante el método de indicadores claves para tareas de manipulación de cargas, que considera los siguientes elementos: tiempo, postura, posición de carga y las condiciones de trabajo. Los resultados de estos tres elementos se introducen en una ecuación matemática, cuyo resultado indica el nivel de riesgo del área en estudio (Asensio, 2012).

La aplicación de OWAS en Plataforma, obtiene el mayor nivel de riesgo (Apéndice 10), lo cual indica una situación de carga alta, que implica una probable sobrecarga física en el personal que labora en la planta, evidenciando deficiencias en el diseño del puesto de trabajo.

Respecto a la política de ergonomía de Cargill, se establece que “en todas las operaciones, diseños, equipos, instalaciones, procesos y oficinas deben incluirse los conceptos ergonómicos para reducir al mínimo la exposición del empleado a los factores de riesgos asociados a lesiones laborales” (Cargill Centroamérica, 2015). Este apartado se intenta cumplir en Plataforma, sin embargo, en una entrevista con la fisioterapeuta de Salud Ocupacional de Cargill, ella menciona que “no se cumple de manera satisfactoria y que su mayor preocupación es el objetivo de la política para la auditoría interna, ya que en Plataforma nunca se aprueba (Ugalde, 2018)”.

Al determinar estas deficiencias en el registro de información, se realizan entrevistas y revisiones documentales con el fin de detectar si existe alguna tendencia del personal que toma las decisiones, al resolver problemas o dificultades de este tipo, ya que antes se han automatizado otros sectores de la planta (Apéndice 12). El gerente general de la planta indica que “en producciones actuales y dadas la cantidad de mecanismos que se han automatizado, te da una tranquilidad y estabilidad de proceso, dando beneficios de calidad, disminución de variabilidad y costo (Villalobos, 2018)”. El superintendente de la planta de producción refiere que ya se había automatizado un sector importante de la planta “*para mejorar rendimientos y tener un mayor control en las diferencias de inventario* (Arroyo, 2018)”. También menciona que después de la automatización de la mayor parte de la planta “se está utilizando de manera más eficiente el recurso humano (Arroyo, 2018)”.

Se consulta si existe intención de automatizar Plataforma, y el gerente general manifiesta: “Sí, claro ya que se necesita aumentar la eficiencia de la planta de harinas para aprovechar más la capacidad de las dos peletizadoras y de los equipos que en conjunto pueden ir arriba de 42 Ton por hora (Villalobos, 2018)”.

1.4. Problema

El proceso de alimentación de materias primas menores de la planta de producción de Cobesa presenta deficiencias en las operaciones de producción y el diseño de puestos de trabajo, lo que provoca el incumplimiento de la demanda y de la política corporativa en materia de ergonomía.

1.5. Beneficios asociados al proyecto

1.5.1. Aportes a la empresa

Se espera ofrecer a la empresa un diseño del proceso de alimentación de las materias primas menores, que permita reducir la cantidad de tiempo ocioso y mejorar el aprovechamiento de la línea, aumentando la capacidad productiva, de manera que se prescindiera del pago de horas extra y se consiga un mayor porcentaje de cumplimiento de demandas en el corto y largo plazo.

Sumado a esto, la empresa tendría un mejor control y manejo del inventario en proceso, y disminuiría los costos operativos. También podría corregir las deficiencias en el tema ergonómico, permitiendo aprobar las auditorías internas y reducir la cantidad de lesiones en el personal.

1.5.2. Aportes a la sociedad

Un aporte importante a la sociedad es la mejora de las condiciones ergonómicas de la organización, la cual reduciría las lesiones en los colaboradores, reduciendo la incidencia de sus visitas a los centros de salud para recibir tratamiento, y las horas improductivas por atención médica.

Otro aporte a la sociedad es la reducción del impacto ambiental mediante la disminución de partículas en el aire, causadas por el proceso actual, las cuales pueden alcanzar viviendas aledañas y causar olores y daños en sistemas de aires acondicionados y otros aparatos electrónicos, debido a que, en el proceso manual, las materias primas se exponen al medio ambiente, sin embargo, en un proceso automatizado, dichas partículas se confinan en un espacio cerrado.

2. Objetivo general e indicadores de éxito

2.1. Objetivo

Rediseñar el proceso de alimentación de materias primas menores para lograr el cumplimiento de la política de ergonomía y aumentar la capacidad de producción, de manera que estos aspectos coadyuven con la permanencia de la empresa en el tiempo.

2.2. Indicadores de éxito

Los indicadores fueron determinados con base en el objetivo del proyecto, para medir las mejoras esperadas en la capacidad productiva y en la ergonomía en los puestos de trabajo, mediante la implementación de un sistema semiautomatizado.

- Capacidad de producción: permite medir la mejora en el área de producción, al evaluar el tiempo del que se dispone para producir y dividirlo por el cuello de botella (Lee, 2000).

$$Capacidad = \frac{Tiempo\ disponible}{Cuello\ de\ botella} \quad (1)$$

- Porcentaje de tiempo aprovechado: permite observar el porcentaje de tiempo real con el que cuenta la empresa para efectuar sus operaciones, considerando los tiempos ociosos (Liker, 2017).

$$Porcentaje\ de\ tiempo\ aprovechado = \frac{Tiempo\ disponible - Tiempos\ ociosos}{Tiempos\ disponibles} \quad (2)$$

- Grado de mejora en auditorías de ergonomía: permite medir la mejora en la calificación de la auditoría ergonómica, comparando los incumplimientos de la auditoría anterior, con la cantidad de incumplimientos en la auditoría actual.

$$Porcentaje\ de\ mejora\ en\ auditorías\ de\ ergonomía = \frac{Calificación\ actual}{Calificación\ anterior} \quad (3)$$

$$Disminución = Incumplimiento\ de\ la\ auditoría\ anterior - Incumplimiento\ de\ la\ auditoría\ actual \quad (4)$$

3. Limitaciones

No se ha identificado ningún tipo de limitaciones.

4. Marco de referencia teórico

4.1. Operaciones

El enfoque del proyecto se verifica en el Área de Operaciones, la cual, según Cuatrecasas (2012) “es en donde la empresa genera su mayor o menor valor añadido; sobre los recursos que utiliza en dichos procesos y este valor añadido es precisamente donde está la fuente del beneficio que obtendrá la empresa”. Por lo tanto, es vital, para cualquier empresa, desempeñarse de manera adecuada en cuanto a los procesos que se convierten en utilidades.

Profundiza en el tema al indicar que “el área funcional de producción es aquella en la cual se obtienen, por medio de procesos constituidos por actividades, los productos o servicios objeto de la empresa, con características que permitan satisfacer mejor las necesidades de los consumidores a quienes van destinados tales productos; es el área en la que se genera el valor añadido de la empresa, objeto fundamental de la misma y fuente del beneficio económico que esta genera (Cuatrecasas, 2012)”.

Con respecto a la gestión de operaciones, se define como “la aplicación de los recursos (capital, materiales, tecnología, habilidades y conocimientos) para la producción de bienes y servicios (Krajewski, 2000)”. Con base en esto, se puede asegurar que Cobesa tiene un tipo de manufactura frugal, la cual consiste en la optimización de la planta y la innovación en búsqueda de la eliminación

de desperdicios. No solo se enfoca en el uso efectivo e innovador de los recursos, sino también a la simplificación de los procesos (Dayal, 2012). Además, busca mejorar la maquinaria existente, ampliar la capacidad de producción y organizar la planta en función del flujo de trabajo (Schonberger, 1987).

En lo que respecta al tipo de proceso de producción, la empresa trabaja por lotes, con una organización en planta enfocada hacia el proceso. En cuanto a la manera de satisfacer la demanda, se trabaja *make to order*, es decir, que en virtud de que tiene demandas relativamente estables, realiza la planeación de producción a partir de demandas en firme, de manera semanal; además, gran parte de la planta está sumamente controlada (con muy baja variabilidad) (Chapman, 2006). Con respecto al tipo de sistema de producción, la planta trabaja *pull*, ya que la planeación no “empuja la producción, sino que la propia demanda genera sus órdenes de producción”. Así, los pedidos de producción en la planta no se originan de una planeación de mediano plazo, sino del patrón de demanda que enfrenta la empresa. Para satisfacer un pedido bajo este esquema, es necesario que el sistema sea capaz de halar los recursos (partes, componentes e insumos) hacia atrás muy rápidamente para satisfacer al cliente, con lo que se reducen los inventarios de producto final, dado que se produce solo lo que se demanda. Debido a estos sistemas, es la propia demanda la que genera las órdenes de producción (Muñoz, 2009)”.

Conociendo estos aspectos de la empresa, es necesario determinar las variables que tienen principal peso con respecto al control de operaciones. A partir de esto y como menciona Heizer (2004), “la selección de procesos, gestión de proyectos, aplicaciones tecnológicas, diseño del trabajo, gestión de la capacidad, pronósticos, control de inventarios, secuenciación, aseguramiento de la calidad, tiempos estándar y otros, están todos dentro de la competencia de la gestión de operaciones”.

4.2. Tiempo estándar

El tiempo estándar “se considera que es el tiempo que tarda un trabajador o una máquina en realizar una actividad o en producir una cantidad determinada de cierto producto (Kanawaty, 1996)”.

“El tiempo estándar está constituido por el contenido básico del trabajo, contenido de trabajo adicional a causa de un mal diseño del producto o de una mala utilización de los materiales, contenido de trabajo adicional a causa de métodos manufactureros u operativos ineficientes y el tiempo improductivo imputable a los recursos humanos (Kanawaty, 1996)”. Por lo tanto, es preciso considerar estos aspectos al realizar un estudio de tiempos, en tanto la empresa cuenta con secciones automatizadas y no automatizadas que se cruzan en algún momento, y conviene definir el tiempo real que toma cada proceso.

Según Kanawaty (1996) “en general, los tiempos reales invertidos en las operaciones son muy superiores a los teóricos”. Por lo tanto, si una empresa opera con base en los tiempos teóricos, cometería errores al planificar su producción, y ese es el caso de Cobesa, ya que se basa en tiempos teóricos, por lo que es importante revisar su metodología de utilización, tomando en cuenta los elementos que los deben caracterizar.

Un estudio de tiempos se puede definir como una técnica que, con base en la medida del contenido de trabajo por realizar, siguiendo un método determinado y utilizando un equipamiento, permite

establecer los tiempos estándares para la realización de tareas, valorar el rendimiento de un tiempo de esfuerzo y proporcionar una clara justificación para las demoras inevitables, descansos personales y la fatiga del trabajador (Fernández, 1995).

Caso (2006) define el estudio de tiempos como “el procedimiento técnico empleado en calcular el tiempo de ejecución de una tarea consiste en determinar el tiempo estándar, que es el tiempo que necesita un trabajador cualificado y motivado en realizar la tarea, tomándose los descansos correspondientes para recuperarse de la fatiga y para sus necesidades personales”.

Según Caso (2006) el tiempo estándar está conformado por las siguientes partes:

- Tiempo reloj (TR): tiempo que tarda un operario en realizar la tarea, medido con un cronómetro, y sin considerar los descansos ni paros por necesidades personales.
- Factor de ritmo o actividad (FR): una forma de corregir las diferencias que existen entre los trabajadores lentos, normales y rápidos al ejecutar una misma tarea. Este factor se calcula al comparar el ritmo de un operario cualquiera, con el de un trabajador capacitado, normal y conocedor de dicha tarea.
- Tiempo normal (TN): tiempo medido por el cronómetro que un operario capacitado conocedor de la tarea y ejecutándola a un ritmo normal, tardaría realizando la tarea objeto de estudio. Este tiempo está determinado por: $TN = TR \times FR$.
- Suplementos de trabajo (K): es necesario que el operario realice pausas para descansar, o para atender necesidades personales; estos periodos de inactividad se evalúan al TN.
- Tiempos tipo o estándar (Tp): tiempo necesario para que un trabajador capacitado y que conoce la tarea, la realice a un ritmo normal, añadiendo los suplementos necesarios.

4.3. Capacidad

“Se entiende por capacidad de producción a la cantidad máxima que se puede elaborar en un periodo determinado de tiempo. La capacidad de producción está ligada a varios condicionantes, tales como la capacidad técnica de una planta o equipo, el número de personas disponibles para realizar el trabajo, la capacidad máxima de almacenamiento o a la curva de experiencia (Gonzalez, 2017)”. En el caso de Cobesa, la capacidad se encuentra restringida principalmente por el diseño de los procesos de la planta, ya que existen algunos que limitan la capacidad máxima general de la empresa y son los cuellos de botella. En la planta de producción, el cuello de botella es Plataforma, ya que su tiempo estándar es considerablemente mayor que el de la sección automatizada, y al unirse los procesos en el área de mezclado, la duración de Plataforma retarda el proceso productivo, limitando la capacidad máxima de la planta.

Dentro del concepto de capacidad, se pueden distinguir otros dos conceptos: capacidad proyectada y capacidad efectiva. De acuerdo con Huertas (2008) “se define la capacidad proyectada como la máxima producción teórica que un sistema puede alcanzar durante un periodo determinado. En la mayoría de los casos, vendrá determinada por la capacidad instalada, es decir, la cantidad de máquinas y personas que trabajan en la planta”. En otras palabras, esta es la capacidad que se podría

alcanzar con todas las máquinas trabajando al 100 % de su capacidad. Sin embargo, “la mayoría de las organizaciones productivas suelen utilizar sus instalaciones a un ritmo inferior al de su capacidad, a este concepto se le denomina capacidad efectiva, que es la que espera alcanzar la empresa según sus limitaciones operativas, las cuales dependen de la cantidad de productos que ofrezca la empresa, sus métodos de trabajo, sus recursos materiales y humanos y el estándar de calidad a alcanzar (Huertas, 2008)”. Para efectos del proyecto, se entiende capacidad efectiva como la capacidad promedio de la empresa, registrada a lo largo del último año.

En el proyecto se trabaja también el término capacidad estándar, la cual se basa en los resultados obtenidos con el estudio de tiempos. Cuervo (2013) se refiere a este concepto como capacidad normal, y la define así: “criterio de capacidad normal, el cual permite a las empresas y a las áreas de responsabilidad poder cubrir su demanda, teniendo en cuenta las variaciones estacionales y los problemas cíclicos que se presentan; incluye tiempo ocioso del personal y de los equipos y el tiempo de duración promedio del proceso”.

Otro concepto manejado es el de capacidad proyectada, la cual sería la que se puede alcanzar si se reduce el tiempo en el cuello de botella del proceso de Plataforma, al proceso automatizado. Domínguez (2009) respalda este concepto al definir el ajuste de rendimiento en el cuello de botella con un ejemplo: “si para fabricar un producto hay cuatro pasos requeridos: corte (8 min), pegado (15 min), pintura (30 min) y empaquetado (7 min), se tarda 60 min por unidad, la operación cuello de botella sería el paso de la pintura, ya que es el que toma más tiempo. Al acortar el tiempo de procesamiento dentro de la etapa de pintura, el tiempo total del procesamiento de ese paso podría ser reducido de 30 min a 10 min. Este cambio movería el cuello de botella a la etapa de pegado. Al hacerlo, el número total de unidades producidas por turno de ocho horas aumenta de 16 a 32”.

La capacidad puede ser medida de dos maneras: como mediciones de salida de producto o como mediciones de insumo. Las mediciones basadas en la salida de producto son usuales para procesos de flujo de línea. Según Krajewski (2000) “a medida que la magnitud de personalización y la variedad se vuelven excesivas en la mezcla de producto, las mediciones de la capacidad basadas en la salida del producto resultan menos útiles. Este tipo de mediciones son más adecuadas cuando se trata de empresas que proveen un número relativamente pequeño de productos y servicios estandarizados. Las mediciones basadas en insumos son la mejor alternativa para los procesos de flujo flexible, con gran personalización” En el caso de Cobesa, la mejor manera de calcular la capacidad de producción es a partir de mediciones de salidas de producto, ya que como la empresa produce solo cuatro tipos de alimentos, determinar su capacidad resulta accesible con este método.

Es vital tener control sobre la capacidad de producción de la planta, ya que esto se liga directamente con la programación de producción, que debe realizarse con base en la demanda en firme. Para Olavarrieta (1999) “en el plan de producción se tiene en detalle lo que se va a producir en las próximas semanas; a partir de él se elaboran las órdenes de producción, así como los vales de almacén que servirán para que los insumos sean retirados del almacén e incorporados a la producción”.

Es necesario seguir este plan de producción, ya que a partir de él se plantea el cumplimiento de la demanda, siendo, de acuerdo con Hernández (2016), “un proceso en el que intervienen un conjunto

de técnicas destinadas optimizar la productividad, ajustarse a la demanda y organizar la asignación y coordinación de los recursos (personas, materiales y recursos) para lograrla”. Es importante entender demanda como “las cantidades de un bien o servicio que un consumidor estaría dispuesto a adquirir a un determinado precio. La demanda por cualquier bien o servicio surge del ingreso que los consumidores tienen disponible para gastar, de los precios que deben pagar y de sus deseos, expresados en una función de utilidad (Fundación Corona, 2001)”.

4.4. Ergonomía y cargas de trabajo

Es necesario precisar lo que es la ergonomía, dado su papel en el proyecto; se define, conforme a Castillo (2010) “como la disciplina científica que estudia el hombre en actividad de trabajo, para comprender los compromisos cognitivos, físicos y sociales necesarios para el logro de los objetivos económicos, de calidad, de seguridad y de eficiencia de un sistema de producción”; conociendo el concepto, se define también que el objetivo de la ergonomía es “transformar esta situación, mejorando las condiciones de trabajo y preservando la salud del trabajador, sin afectar los objetivos económicos de la empresas”.

Las cargas de trabajo se definen como “la adecuada acomodación del puesto de trabajo a las personas que lo desempeñan controlando la exigencia en dos aspectos como los son el físico y el psicológico, es decir teniendo en cuenta como aspecto principal las características del individuo que realiza la actividad o puesto de trabajo (ITACA, 2006)”. Estos dos conceptos van directamente relacionados con el hecho de que una aplicación adecuada de la ergonomía en el diseño del puesto podría disminuir las cargas de trabajo, pues consideraría los aspectos que más afectan la salud y el desarrollo del colaborador.

El proceso de alimentación de materias primas menores presenta deficiencias en el tema de ergonomía y salud ocupacional, pues con cierta frecuencia se generan lesiones en los colaboradores. Dichas condiciones afectan la capacidad de la empresa al resultar tiempos improductivos, y a la vez, impactan en el hecho de que la planta de Cobesa no apruebe las auditorías internas en cuanto a ergonomía y salud ocupacional.

Los resultados de estas auditorías han causado descontento por parte de la alta gerencia, ya que la ergonomía es parte fundamental de la filosofía de Cargill, de modo que se ha creado un plan de acciones con el fin de corregir estas deficiencias, en el cual se incluye la automatización del sector en estudio.

En Plataforma también se presentan procesos de alto riesgo para la salud, debido a que las cargas de trabajo son inadecuadas y tienen una alta exigencia física. Esto se demuestra mediante la herramienta OWAS, que es un método observacional, es decir, parte de la observación de las diferentes posturas adoptadas por el trabajador durante el desarrollo de la tarea, a intervalos regulares. Las posturas observadas se clasifican en 252 posibles combinaciones, según la posición de la espalda, los brazos, y las piernas del trabajador, además de la magnitud de la carga que manipula mientras adopta la postura, para luego obtener una puntuación clasificada en cuatro respuestas, desde la uno, que estipula “Postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético”,

hasta la cuatro, que menciona “La carga causada por esta postura tiene efectos sumamente dañinos sobre el sistema músculo-esquelético (Mas, 2015)”. La respuesta cuatro se obtuvo en múltiples actividades de Plataforma, lo que sin duda ocasiona lesiones en los colaboradores que trabajan ahí.

Otra herramienta utilizada para cuantificar las cargas de trabajo es la Rodgers, la cual “se basa en la fatiga de los músculos del cuerpo al realizar una tarea específica... Consiste en dar una calificación a cada uno de los seis grupos de las partes del cuerpo (cuello/hombros, espalda, Brazos/codos, muñecas/dedos, piernas/rodillas y tobillos/pies/dedos) y anotar estas calificaciones en el formato para obtener su nivel de urgencia de cambio tomando en cuenta el nivel, tiempo y frecuencia de esfuerzo (Callejón, 2009)”.

Estas dos herramientas son usadas por la empresa en las auditorías de ergonomía; sin embargo, con el fin de fortalecer el análisis de cargas de trabajo, se utilizó la evaluación de tareas de manipulación partiendo de indicadores clave (MIC), y “se basa en un modelo dosificado: la duración multiplicada por la intensidad. Tiene en cuenta aspectos biomecánicos, metabólicos e individuales. El mismo principio se aplica a toda clase de cargas físicas de trabajo. El método incluye el análisis de operaciones de levantamiento, sujeción, transporte, empuje y tracción son parte de un sistema de MIC para todas las clases de cargas físicas de trabajo (Enfermería del Trabajo, 2015)”. Este método consta de cuatro pasos: determinación de puntuación del elemento tiempo; determinación de puntuación de la carga, la postura y las condiciones de trabajo; evaluación de la puntuación, y finalmente, clasificación con base en la puntuación obtenida.

4.5. Tiempo improductivo

En Cobesa, la planta de producción registra tiempos improductivos, ocasionados principalmente por mantenimiento correctivo, fallo de máquinas, falta de materia prima, tiempo de alisto, o tolvas llenas. Dichos tiempos limitan la capacidad de producción de la planta.

Existen diversas metodologías aplicables en una empresa con el objetivo de cuantificar y disminuir los tiempos improductivos, entre ellas destacan dos: el diseño de métodos, que según García (2015) consiste en una “técnica que tiene por objetivo aumentar la productividad del trabajo mediante la eliminación de todos los desperdicios de materiales, tiempo y esfuerzo, además, procura hacer más fácil y lucrativa cada tarea y aumentar la calidad de los productos”. Así mismo, el estudio del trabajo, definido como “el examen sistemático de los métodos para realizar las actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando (Organización Internacional del Trabajo, 1996)”.

Para efectos del proyecto se trabajará con el estudio del trabajo, el cual “tiene por objeto evaluar de qué manera se está realizando las actividades operativas que se llevan a cabo en la organización, esto con la finalidad de simplificar o modificar el método operativo y así lograr reducir el trabajo innecesario o excesivo, o el uso antieconómico de recursos, y fijar el tiempo estándar para la realización de esa actividad o tareas (Organización Internacional del Trabajo, 1996)”.

En muchas ocasiones, un diseño de puesto adecuado logra reducir considerablemente estos tiempos improductivos, ya que, de acuerdo con García (2005), el objetivo del diseño de puesto “es aumentar

la productividad con los mismos o menos recursos, entendiendo al trabajo como la actividad que integra los recursos de materiales, mano de obra y maquinaria, con el fin de producir los bienes y servicios”.

Según Torres (2014), “el diseño de puesto es el proceso por el cual los administradores deciden las tareas laborales, las responsabilidades y la autoridad de cada puesto. Su importancia es sustancial en la vida del empleado, por cuanto puede impactar directamente en su desempeño, en la eficacia de sus acciones en términos económicos y monetarios; igualmente, pueden proveer ingresos, elevar la autoestima, favorecer la relación interpersonal, así como puede también ser fuente de tensión, daño físico y mental para sus ocupantes”.

4.6. Decisiones estratégicas

Como se menciona en el apartado de ergonomía y cargas de trabajo, existe la intención de realizar la automatización de los procesos de alimentación de materias primas menores, debido principalmente a aspectos ergonómicos y de cumplimiento de políticas de la empresa; sin embargo, afectaría positivamente aspectos como la capacidad de producción, registro de información y control de inventarios.

Para Laudon (2004), “la toma de decisiones estratégicas determina las metas, los recursos y las políticas a largo plazo de la organización. Por otro lado, la toma de decisiones del control operativo determina como realizar las tareas específicas establecidas por los encargados de las decisiones estratégicas y de nivel gerencial medio”. Como se mencionó, las decisiones estratégicas tienen relación directa con las decisiones de control operativo, por lo tanto, inciden en el proceso de operaciones, tanto en su control como en su manera de ejecutar.

Sánchez (2008) señala que “las decisiones estratégicas de la actividad productiva de la empresa suponen adoptar un paquete de medidas con respecto a un horizonte temporal a largo plazo, en concreto, los diseños del sistema productivo, del producto o servicio y del proceso productivo, la distribución de planta y la capacidad y localización de la dimensión óptima de la empresa”.

Es preciso considerar que, de acuerdo con Velásquez (2011), “de las estrategias y objetivos de la empresa, dependerá el éxito del proyecto. Para ello los objetivos deben coincidir con las estrategias empresariales para cumplir con su misión”. Una decisión estratégica adecuada implica resultados positivos para la empresa. En cuanto a Cobesa, se han automatizado sectores y se han obtenido resultados positivos, por lo tanto, ante las deficiencias presentadas en la descripción de la problemática, se plantea como solución implementar un sistema operativo semiautomatizado, que resuelva los problemas de la empresa relacionados con ergonomía, capacidad productiva y control de la producción, obteniendo beneficios a mediano y largo plazo.

Según Roque (2007), un sistema se define como “la relación de elementos que tiene por finalidad el cumplimiento de las tareas laborales”. Por otro lado, Carro (2012) señala que “un sistema de producción consiste en insumos, procesos, productos y flujos de información, que lo conectan con los clientes y el ambiente externo. Los insumos incluyen recursos humanos, capital (equipo e instalaciones), materiales y servicios comprados”.

Se plantea la automatización como una propuesta viable, ya que según Baca (2014), “una actividad es automatizable si es repetitiva y estructurada; al disminuir la estructuración, la actividad tiende a ser menos automatizable”. Estos aspectos se cumplen en los procesos realizados en Plataforma. Se considera la mejor opción, ya que, como lo confirma Velásquez (2011), “la automatización industrial es un conjunto de técnicas basadas en sistemas capaces de recibir información del proceso sobre el cual actúan, realizan acciones de análisis, organizarlas y controlarlas apropiadamente con el objetivo de optimizar los recursos de producción, como los materiales, humanos, económicos, financieros, etc. La automatización de una empresa dependiendo del proyecto puede ser parcial o total, y se puede ajustar a procesos manuales o semi automáticos”. Así, la automatización efectuada de manera adecuada permitiría solucionar las deficiencias relacionadas con la ergonomía y aspectos productivos en el proceso de alimentación de materias primas menores.

La condición actual de la planta presenta un incumplimiento de las políticas de ergonomía que, en combinación con el incumplimiento de la demanda, pone en peligro su permanencia en un mediano plazo, lo que hace que la automatización del proceso de alimentación de materias primas menores tome fuerza, en tanto los procesos que implican un riesgo ergonómico serían sustituidos por el sistema operativo automatizado.

5. Metodología general

Tabla 2. Metodología general

Diagnóstico		
Actividad	Herramienta	Resultado
Verificación de causas de incumplimiento de principios básicos de ergonomía en los puestos de trabajo en la Plataforma	OWAS, Rodgers y evaluación de cargas de trabajo Diagrama de causa y efecto	Razones de incumplimiento de los principios básicos de ergonomía
Cálculo de pronósticos	Modelos de pronósticos (Winters, Exponencial, Promedio móvil simple, etc.)	Pronósticos de requerimientos de producción a futuro
Determinación de capacidad de cumplimiento de pronósticos	Evaluación y análisis de pronósticos MAD y MAPE	Porcentaje de cumplimiento de pronósticos
Realización del mapeo de procesos actuales	Diagrama de flujo	Descripción de los procesos actuales
Determinación de tiempos estándares de actividades de la tarima	Estudio de tiempos	Tiempos estándares de las actividades Balance de líneas Cantidad de operarios necesarios
Determinación del cuello de botella	Estudio de tiempos	Determinar la actividad que genera el cuello de botella
Determinación causas de tiempo improductivo	Hoja de control, análisis estadístico de datos	Fuentes de tiempos improductivos
Determinación de la capacidad de producción	CRP	Capacidad de producción
Análisis de estrategias empresariales en la producción	Entrevista, revisión documental	Políticas de la empresa para la mejora de los procesos
Análisis de cada proceso del área de estudio	Entrevistas y revisiones	Requerimientos de los procesos Entradas y salidas de cada proceso
Determinación de causas de errores de registro en área de estudio	Muestreo aleatorio simple y observación	Fuentes de errores en la toma y registro de la información en el área de estudio

Tabla 3. Metodología general (continuación)

Diseño		
Actividad	Herramienta	Resultado
Descripción de los equipos actuales	Entrevistas e investigación	Detalles del equipo, sus funciones, características de operación y capacidades
Rediseño de los procesos	Diagrama de relaciones	Entrada y salidas de los procesos
Investigación de equipos que cubran los requerimientos técnicos de cada proceso	Investigación de equipos	Equipos que cumplan con requerimientos de los procesos
Selección de equipos	Características técnicas y costo	Selección de al menos 3 equipos en función de necesidades y requerimientos del proceso y materiales
Propuestas de distribución de planta	Modelos cuantitativos para localización de instalaciones	Ubicación apropiada de las propuestas del sistema operativo semiautomatizado
Selección de propuesta de automatización de los procesos en estudio	Matriz multicriterio, matriz de proceso analítico jerárquico	Diseño y ubicación en la planta del sistema semiautomatizado
Análisis de rentabilidad de las propuestas	Flujo neto de efectivo, simulación Montecarlo, VAN y TIR	Propuesta más rentable
Realización de diagrama de flujo del diseño a desarrollar	Estudio del proceso	Diagrama de flujo de los procesos
Rediseño de nuevos puestos de trabajo	Diseño del puesto	Un apropiado diseño de puesto de trabajo, con base en la propuesta seleccionada
Determinación de la cantidad de operarios	Balance de línea	Cantidad de operarios necesaria para ejecutar la propuesta seleccionada
Estudio de capacidad de producción del diseño propuesto	CRP	Nueva capacidad de producción

Tabla 4. Metodología general (continuación)

Validación		
Actividad	Herramienta	Resultado
Aumento en la capacidad productiva	Simulación	Diferencia de capacidad
Cálculo de porcentaje de tiempo aprovechado	Hoja de cálculo	Porcentaje de tiempo aprovechado
Cálculo de calificación de auditoría en ergonomía	Auditoría y lista de chequeo	Porcentaje de mejora en auditoría de ergonomía
Cuantificación de incumplimiento en la auditoría de ergonomía	Auditoría y lista de chequeo	Cantidad de incumplimientos de ergonomía respecto a la evaluación anterior
Realización de indicadores de rentabilidad VAN y TIR	Hoja de cálculo	Rentabilidad del proyecto (TIR y VAN)
Presentación del proyecto a gerencia	Presentación oral y sesión de trabajo	Ajustes al diseño
Creación de un plan de implementación	Gantt	Plan de implementación

6. Cronograma de trabajo

Tabla 3. Cronograma de trabajo

Etapa	Semana	Actividad
Diagnóstico	Semanas 1 y 2	Determinación de tiempos estándar de actividades de la tarima
	Semana 3	Determinación del cuello de botella
	Semana 4	Determinación causas de tiempo improductivo
	Semana 5	Determinación de la capacidad de producción
	Semanas 6 y 7	Análisis de estrategias empresariales en la producción
	Semanas 8 y 9	Determinación de causas de errores de registro en área de estudio
	Semanas 10 y 11	Descripción de los equipos actuales

Tabla 3. Cronograma de trabajo (continuación)

Etapa	Semana	Actividad
Diseño	Semanas 12 y 13	Análisis de cada proceso del área de estudio
	Semanas 14 y 15	Investigación de equipos que cumplan con los requerimientos técnicos de cada proceso
	Semana 16	Selección de equipos
	Semanas 17 y 18	Propuestas de distribución de planta
	Semanas 19 y 20	Análisis de rentabilidad de las propuestas
	Semana 21	Selección de propuesta de semiautomatización de los procesos en estudio
	Semana 22	Realización de diagrama de flujo del diseño a desarrollar
	Semana 23	Diseño de nuevos puestos de trabajo
	Semanas 24 y 25	Determinación de la cantidad de operarios
	Semanas 26 y 27	Estudio de capacidad de producción del diseño propuesto
Validación	Semanas 28 y 29	Aumento en la capacidad productiva
	Semanas 30 y 31	Cálculo de porcentaje de tiempo aprovechado
	Semana 32	Cálculo de calificación de auditoría en ergonomía
	Semana 33	Cuantificación de incumplimiento en la auditoría de ergonomía
	Semanas 34 y 35	Realización de indicadores de rentabilidad VAN y TIR
	Semanas 36 y 37	Creación de un plan de implementación
	Semana 38	Presentación del proyecto a gerencia

Capítulo 2. Diagnóstico

Tras desarrollar la propuesta del proyecto y determinar que el proceso de alimentación de materias primas menores presenta deficiencias en los diseños del puesto de trabajo y en las operaciones de producción, el capítulo dos se enfoca en realizar un diagnóstico con mayor detalle de todos los hallazgos de la etapa preliminar, buscando encontrar el problema e identificar oportunidades de mejora.

1. Objetivos de diagnóstico

1.1. Objetivo general de diagnóstico

Diagnosticar las operaciones del proceso de alimentación de materias primas menores en la planta de producción Cobesa, con el fin de identificar oportunidades de mejora, las cuales servirán como insumo para la etapa de diseño del proyecto.

1.2. Objetivos específicos de diagnóstico

- Evaluar las condiciones de trabajo actuales, con respecto a aspectos ergonómicos y las condiciones ambientales.
- Cuantificar los indicadores operativos del área de estudio y compararlos contra condiciones apropiadas o estándares mundiales del sector de alimentación animal.
- Determinar el cumplimiento de planes de producción futuros, mediante la realización de pronósticos y cálculos de capacidad basados en un estudio de tiempos.
- Identificar oportunidades de mejora en los procesos o en el sistema actual.

2. Metodología de diagnóstico

En el siguiente proyecto se utiliza la metodología de diagnóstico como la herramienta que permita visualizar las actividades que se llevarán a cabo de forma resumida, agregando a la herramienta una columna denominada “Etapa”, en la que se encuentran los objetivos utilizados en la herramienta. En la Figura 1 se muestra los objetivos del diagnóstico, en conjunto con las actividades, las herramientas que se usan y los resultados que se espera obtener:

Etapas	Objetivos	Actividades	Herramientas	Resultado
Evaluación ergonómica	Evaluar las condiciones de trabajo actuales, con respecto a aspectos ergonómicos y las condiciones ambientales.	<ul style="list-style-type: none"> Verificación de cumplimiento de principios básicos de ergonomía en los puestos de trabajo en el área de estudio. Análisis de estrategias empresariales. 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluación de cargas de trabajo. Diagrama de causa y efecto. Estudio de condiciones ambientales de trabajo. Entrevista, revisión documental. 	<ul style="list-style-type: none"> Estado real del área en estudio con respecto a principios básicos de ergonomía y condiciones ambientales de trabajo. Políticas de la empresa para la mejora de los procesos.
Caracterización de procesos	Cuantificar los indicadores operativos del área de estudio y compararlos contra condiciones apropiadas o estándares mundiales del sector de alimentación animal.	<ul style="list-style-type: none"> Realización del mapeo de procesos actuales. Análisis de cada proceso del área de estudio. Identificación del porcentaje de tiempo productivo e improductivo. Determinación de tiempos estándares de actividades del área en estudio y el cuello de botella. Determinación de variables de operación. Comparación de situación actual contra los potenciales métodos de trabajo factibles de implementar. 	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama de flujo. SIPOC. Análisis de datos. Estudio de tiempos. Cálculo de eficiencia de línea, tiempo de ciclo, productividad y capacidad de producción. Comparación de indicadores operativos. 	<ul style="list-style-type: none"> Descripción de los procesos actuales. Entradas y salidas de cada proceso. Tiempo real disponible. Tiempos estándares de las actividades y determinar el cuello de botella. Estado actual del área en estudio. Indicadores operativos de los potenciales métodos de trabajo. Brechas entre método actual contra los potenciales métodos de trabajo.
Estudio de tiempos y Cálculo de indicadores operativos				
Capacidad de cumplimiento de pronósticos	Determinar el cumplimiento de planes de producción futuros, mediante la realización de pronósticos y cálculos de capacidad basados en un estudio de tiempos.	<ul style="list-style-type: none"> Cálculo de pronósticos. Determinación de capacidad de cumplimiento de los planes de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> Modelos de pronósticos (Winters, Exponencial, Promedio móvil simple, etc.). Evaluación y análisis de pronósticos MAD y MAPE. Comparación de pronósticos contra la capacidad real de producción y la capacidad de los métodos potenciales propuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> Pronóstico de demanda. Porcentaje de cumplimiento de planes de producción. Punto de quiebre de la capacidad.

Figura 1. Metodología de diagnóstico

3. Etapa 1: Evaluación ergonómica

La primera etapa de diagnóstico consiste en la evaluación ergonómica del área donde se lleva a cabo el proceso de alimentación de materias primas menores (Figura 2). Esta etapa evalúa las condiciones de trabajo: temperatura, iluminación, material *particulado*⁵, humedad y sonido. Además, muestra las cargas de trabajo de las actividades que se realizan esta área, por lo que permite comprender el riesgo ergonómico en el cual se encuentran los trabajadores del proceso.

⁵ Material particulado: el término para una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire (Fernandez, 2001).

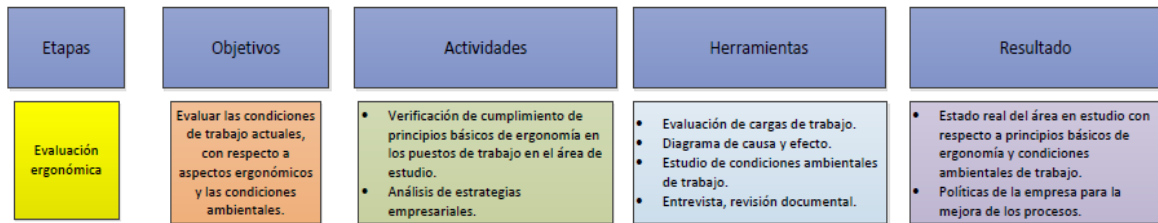


Figura 2. Evaluación ergonómica

3.1. Estudio de condiciones ambientales de trabajo

Cobesa presenta diferentes zonas y en cada una se realiza un proceso específico. El estudio de condiciones ambientales de trabajo se enfoca solo en el proceso de alimentación de materias primas menores, debido a que es una de las zonas que no posee automatización, y es el enfoque del proyecto. Entre los resultados obtenidos del estudio se denota que la temperatura de la zona es de 31°C, con una humedad relativa del 47 %, la cantidad de ruido es de 76 decibels, tiene una iluminación de 688 lux promedio en las horas cuando se labora, y la cantidad de material *particulado* en el aire es de 4,89 mg/m³.

Para conocer el estado de las condiciones de trabajo del proceso de alimentación de materias primas menores, se utiliza como medio de comparación los estándares permitidos por Instituto Nacional de Seguros (INS), el cual establece rangos de los valores permitidos para cada una de las condiciones ambientales. En la Tabla 5 se muestra una comparación del valor obtenido contra el rango permitido según la actividad, y el estado en el que se encuentra la condición:

Tabla 5. Comparación de condiciones ambientales

Condiciones ambientales de trabajo				
Condición	Real	INS	Unidades	Estado
Temperatura	30,96	20-26	°C	Inaceptable
Humedad	47%	30-70	%	Aceptable
Sonido	76,42	85	db	Aceptable
Iluminación	688,42	500 - 1 000	Lux	Aceptable
Material <i>particulado</i>	4,89	7,8	mg/m ³	Aceptable

Como se observa en la Tabla 5, la única condición que no cumple con los valores permitidos por el INS es la temperatura, que supera por más de 4 °C la máxima permitida, lo que puede traer consigo fatiga en las labores realizadas.

3.2. Evaluación de cargas de trabajo

Conociendo las condiciones ambientales de trabajo que presenta el área en estudio, se evalúa las cargas de trabajo de las actividades en este proceso, con el fin de conocer las deficiencias relacionadas con ergonomía y cargas de trabajo, y el posible impacto sobre el colaborador.

Para esto, se utiliza la herramienta “evaluación de tareas de manipulación a partir de indicadores claves”, la cual consta de 4 pasos básicos: el primero es determinar si la actividad realizada es de sujeción, transporte o desplazamiento, y asignar una puntuación con base en la dificultad o la cantidad de repeticiones.

Para el segundo paso se determina una puntuación con respecto a la carga y la postura utilizada para levantar o trasladar un peso. Como tercer paso, se determina una puntuación relacionada con las condiciones del trabajo con respecto a los aspectos ergonómicos.

Por último, se calcula un resultado y clasifica la respuesta según el valor obtenido. Antes de continuar, se presenta la Tabla 6, en la cual se establece la puntuación de riesgo, el nivel de riesgo y la descripción de las acciones por tomar:

Tabla 6. Clasificación del riesgo de carga de trabajo

Nivel de riesgo	Puntuación de riesgo	Descripción
1	< 10	Situación de baja carga: es improbable que se produzca una sobrecarga física.
2	de 10 a < 25	Situación de aumento de carga: es posible que se produzca sobrecarga física en personas menos resistentes. Para este grupo, ayudará un nuevo diseño del lugar de trabajo.
3	de 25 a < 50	Situación de gran aumento de la carga: es posible que se produzca sobrecarga física también para las personas con una resistencia normal. Se recomienda volver a diseñar el lugar de trabajo.
4	>= 50	Situación de carga alta: es probable que se produzca sobrecarga física. Es necesario volver a diseñar el lugar de trabajo.

Conociendo la tabla de clasificación, se utiliza esta herramienta para evaluar las 19 actividades que tiene el proceso de alimentación de materias primas menores, las cuales son: abrir saco de harina de carne, trasladar saco de harina de carne, vaciar saco de harina de carne, pesaje de calcio, pesaje de pluma, traslado de pluma y calcio, vaciado de pluma y calcio, agregar reproceso, apuntar datos, barrido de plataforma, pesaje de fosfato, traslado de fosfato, agregar aditivo, vaciar fosfato y aditivo,

abrir saco de núcleo, ubicar núcleo en el suelo, vaciar núcleo, vaciar sal y doblar saco de núcleo. Todos estos procesos serán explicados y caracterizados.

A continuación, se muestra en la Tabla 7 los puntos obtenidos y la clasificación de estos para cada una de las actividades:

Tabla 7. Puntuación y clasificación de cargas de trabajo

Listado actividades	Puntuación	Carga
Abrir saco de harina de carne	24	2
Trasladar saco de harina de carne	60	4
Vaciar saco de harina de carne	60	4
Pesaje de calcio	80	4
Pesaje de pluma	80	4
Traslado de pluma y calcio	72	4
Vaciado de pluma y calcio	96	4
Agregar reproceso	36	4
Apuntar datos	8	1
Barrido de plataforma	12	2
Pesaje de fosfato	24	2
Traslado de fosfato	16	2
Vaciar fosfato y aditivo	16	2
Agregar aditivo	12	2
Abrir saco de núcleo	24	2
Doblar saco de núcleo	18	2
Vaciar núcleo	28	3
Vaciar sal	16	2
Ubicar núcleo en el suelo	28	3

Con estos datos se muestra como de las 19 actividades evaluadas, se tiene solo una actividad con clasificación 1, lo que equivale a un 5 %; 9 con clasificación 2, lo que representa un 47 %; 2 con clasificación 3, lo cual es un 11 %, y 7 actividades con clasificación 4, las cuales representan el 37 % de las actividades del proceso de alimentación de materia primas menores.

Esto indica que las actividades que tenga esta categoría son actividades con sobrecarga física y que necesitan un nuevo diseño del proceso como tal. A continuación, se muestra la Figura 3, con la clasificación mencionada:

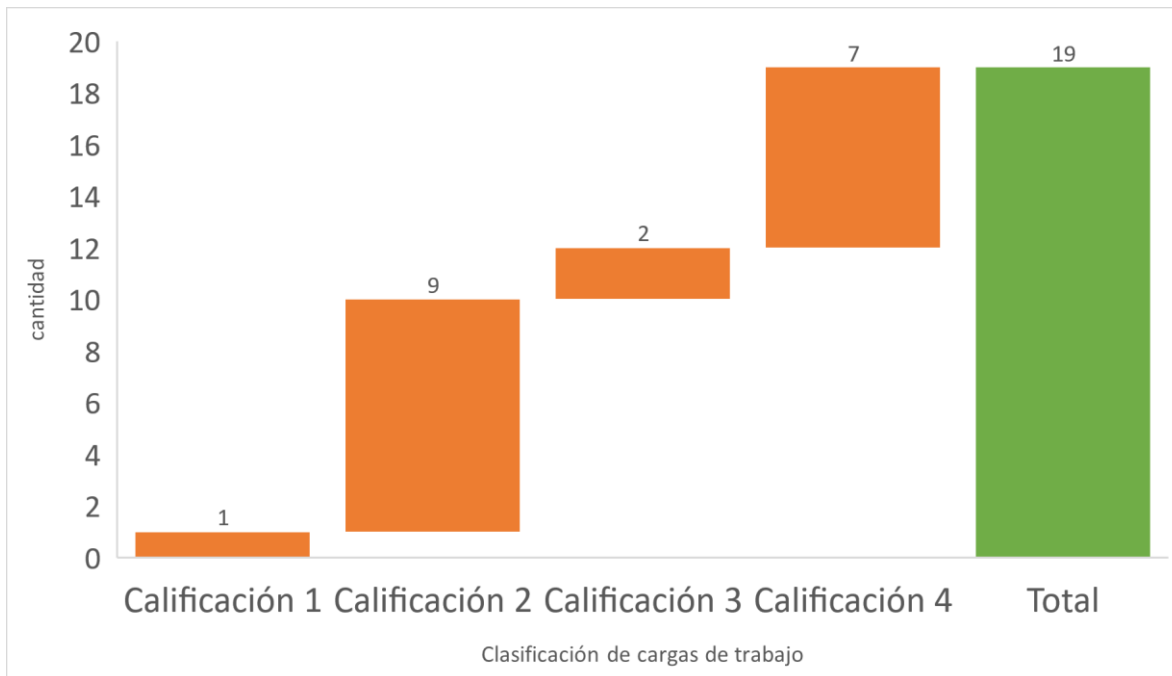


Figura 3. Cantidad de actividades, según clasificación de carga de trabajo

Conviene considerar que cinco de las actividades clasificación 4 son realizadas por un mismo operario, por lo que los riesgos de lesión aumentan significativamente. Las otras dos actividades con esta calificación son efectuadas por otro operario. Estas deben ser diseñadas de nuevo, dado que, según la herramienta utilizada, incumplen principios básicos de ergonomía. Más adelante se desarrollará el análisis respectivo.

3.3. Análisis estratégico empresarial con respecto a la política de ergonomía

Cobesa como organización, se rige mediante las políticas corporativas de Cargill Latinoamérica, debido a que Cargill es dueña de esta compañía, por lo tanto, Cobesa debe seguir las directrices, valores y políticas estipulados por la transnacional.

Existen diferentes políticas con respecto a cada área de interés, pero cabe señalar que Cobesa, en los últimos tres años, ha presentado deficiencias en la política de ergonomía, debido a que el proceso de alimentación de materias primas menores tiene actividades que no cumplen con los lineamientos básicos de ergonomía, por lo que a su vez incumple con la política de la organización a nivel latinoamericano.

La política de ergonomía de Cargill estipula que en todas las operaciones, diseños, equipos, instalaciones, procesos y oficinas de Cargill, debe incluirse los conceptos ergonómicos para reducir al mínimo la exposición del empleado a los factores de riesgos asociados con lesiones laborales (Cargill Latinoamérica, 2017).

Esta política de ergonomía tiene como objetivo disminuir, y preferiblemente eliminar, la incidencia de las lesiones músculo esqueléticas que se presentan por la sobreexposición a factores de riesgo ergonómicos (Cargill Latinoamérica, 2017), con el propósito de brindar condiciones de trabajo sanas y seguras, eliminando los factores de riesgos ergonómicos identificados en los procesos de cada unidad de negocios, y manteniendo la eficiencia en la producción, la calidad del producto y la rentabilidad del negocio.

Conociendo que el proceso de alimentación de materias primas menores no cumple con la política y objetivo de Cargill Latinoamérica, la empresa y el Departamento de Ergonomía han creado acciones de mejora continua para cada año, para reducir la calificación de auditoría en materia de ergonomía. Por lo tanto, desarrollan un plan de acción, el cual incluye las fechas, responsables y estado, como se observa en la Tabla 8:

Tabla 8. Plan de acción para Cobesa

Departamento	Tarea	Plan de acción	Fecha	Responsable	Estatus
Proceso de alimentación de materias primas menores	Vaciar sacos en bajante	Ejercicios ergonómicos 2 veces en la jornada	Enero 17-18	Coordinadores	Completo
	Traslado de sacos	Capacitación de ergonomía general y manejo de cargas	Nov-dic 17	Víctor González	
	Palear harina de pluma y calcio	Rotación cada 2 horas	nov-17	Coordinadores	
	Vaciar sacos en bajante	Proyecto de inversión: colocar 5 tolvas para automatizar el proceso.	FY 18-19	Gerencia	NA

Como medida para la aprobación de la política de ergonomía en el área de estudio, Cobesa tiene como plan de acción un proyecto de inversión, que consta de instalar 5 tolvas para automatizar el proceso de alimentación de materias primas menores; la Gerencia es la responsable, y busca eliminar las actividades que generan el incumplimiento de la política.

3.4. Diagrama de causa y efecto

Se utiliza esta herramienta debido a que es un vehículo para ordenar, de forma concentrada, todas las causas que supuestamente pueden contribuir a un determinado efecto o problema (Champagnat, 2010), por lo tanto, se procura conocer las causas que expliquen el problema presentado por la compañía en el proceso de alimentación de materias primas menores, llegándose a definir que el problema es que no existe un método de trabajo estandarizado que involucre los principios básicos de ergonomía y cargas de trabajo.

Entre las posibles causas resalta el método de trabajo, ya que se tiene como una de las primarias, pero a su vez genera dos subcausas: que no existe un método de trabajo definido, ya que los operarios realizan las mismas actividades de maneras distintas, y que los procesos son inadecuados porque no fueron creados desde un punto de vista ingenieril.

Luego se presenta la causa de los materiales, en tanto su naturaleza y presentaciones hacen que el trabajo realizado en el proceso de alimentación de materias primas menores se efectúe de manera manual, ya que la falta de inversión para equipo de apoyo o la posibilidad de implementar tecnologías para la automatización, son otras de las causas que influyen en la generación del problema.

Tampoco se cumplen los principios de ergonomía por las condiciones de trabajo, debido a la manipulación de cargas pesadas de forma manual, espacios restringidos en la zona de trabajo y posturas inadecuadas, además de que el trabajo es muy repetitivo, lo que impacta fuertemente desde el punto de vista ergonómico.

Según las medidas elaboradas por los supervisores, se debe generar una rotación de las actividades cada dos horas, pero esto ocurre muy pocas veces, debido a que los operarios se asignan puestos fijos, lo que genera lesiones entre las actividades con mayor riesgo.

Se elabora un diagrama de causa efecto, mostrado en la Figura 4, para visualizar de una mejor forma las causas y subcausas encontradas en el análisis, y cómo todas aportan al problema raíz que posee Cobesa, y como este se liga al incumplimiento de la política de calidad, al estudio de condiciones ambientales de trabajo y sobre todo a la evaluación de cargas de trabajo.

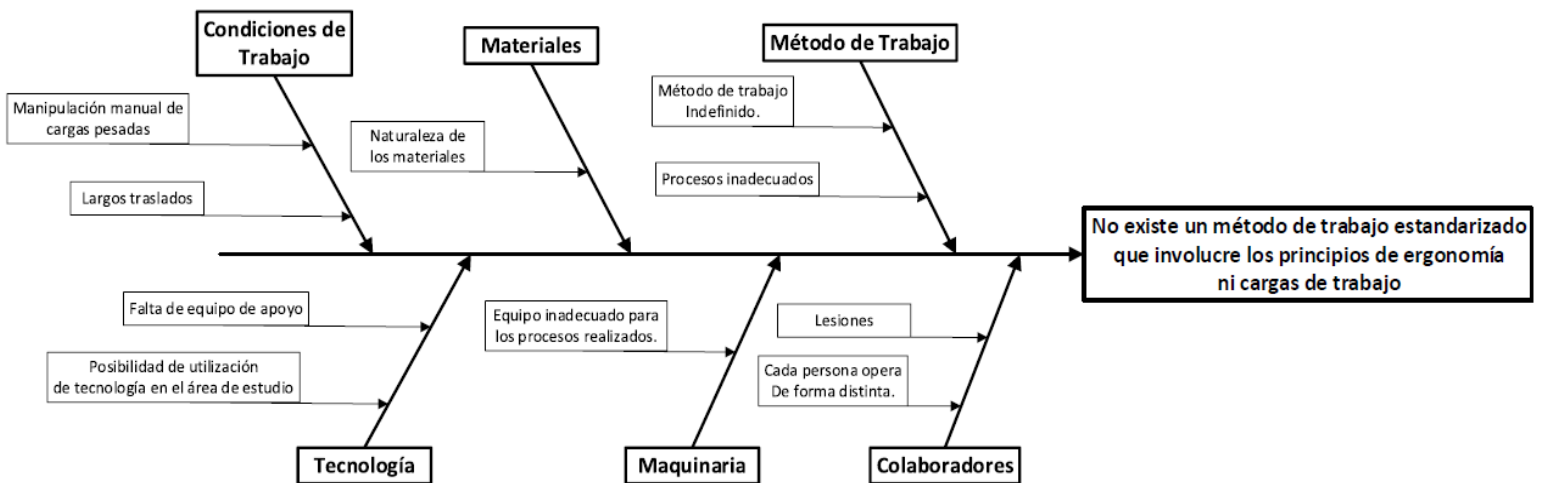


Figura 4. Diagrama de causa y efecto.

4. Etapa 2: Caracterización de procesos

Para comprender las actividades realizadas en la planta de producción de Cobesa, se caracterizan los principales procesos de producción, como se muestra en la Figura 5.

Etapas	Objetivos	Actividades	Herramientas	Resultado
<p>Caracterización de procesos</p> <p>Estudio de tiempos y Cálculo de indicadores operativos</p>	<p>Cuantificar los indicadores operativos del área de estudio y compararlos contra condiciones apropiadas o estándares mundiales del sector de alimentación animal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realización del mapeo de procesos actuales. Análisis de cada proceso del área de estudio. Identificación del porcentaje de tiempo productivo e improductivo. Determinación de tiempos estándares de actividades del área en estudio y el cuello de botella. Determinación de variables de operación. Comparación de situación actual contra los potenciales métodos de trabajo factibles de implementar. 	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama de flujo. SIPOC. Análisis de datos. Estudio de tiempos. Cálculo de eficiencia de línea, tiempo de ciclo, productividad y capacidad de producción. Comparación de indicadores operativos. 	<ul style="list-style-type: none"> Descripción de los procesos actuales. Entradas y salidas de cada proceso. Tiempo real disponible. Tiempos estándares de las actividades y determinar el cuello de botella. Estado actual del área en estudio. Indicadores operativos de los potenciales métodos de trabajo. Brechas entre método actual contra los potenciales métodos de trabajo.

Figura 5. Caracterización de procesos.

4.1. Realización de mapeo de procesos

Inicialmente, el mapeo de procesos se efectúa de forma general para comprender, a grandes rasgos, el funcionamiento de la planta. Seguido, se especifica más el área de estudio.

Las materias primas se pueden clasificar en dos tipos, según su volumen de utilización: materias primas mayores y materias primas menores. Cobesa cuenta con 7 áreas de producción: preparación de aditivos, alimentación de materias primas menores, alimentación de materias primas mayores, mezcla, peletizado, enfriamiento y almacenaje.

Dentro del proceso de alimentación de materias primas menores están las actividades de agregado de pluma, agregado de calcio, agregado de fosfato, agregado de núcleo, agregado de harina de carne, agregado de reproceso, agregado de aditivos, agregado de sal; esta información se detalla visualmente en la Figura 6.

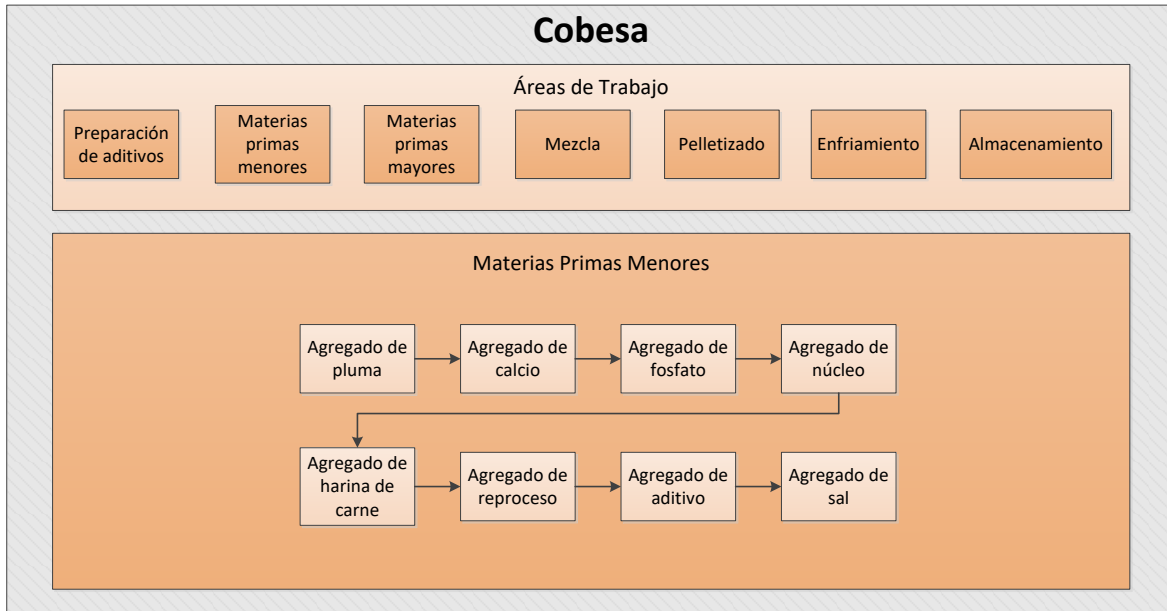


Figura 6. Mapeo de procesos de Cobesa

Un bache de concentrado pesa 2,2 Ton, siendo 2 Ton (2 000 kg) de materias primas mayores suman y 200 kg de materias primas menores.

El proceso de alimentación de materias primas mayores se encuentra totalmente automatizado, mientras que el proceso de alimentación de materias primas menores se realiza de manera manual. Estos procesos se unen en la máquina de mezclado y de ahí continúan, pasando luego al proceso de pelletizado, para luego entrar en un área de enfriamiento y, por último, pasar al almacenamiento en las tolvas.

El proceso de alimentación de materias primas menores se realiza por parte de 4 operarios de forma manual, en un área de trabajo de 36 m², donde se pesan las materias en básculas, utilizando palas y baldes para luego pasarlas a una cadena de transporte que llega a alimentar una tolva secundaria. Al mismo tiempo, la tolva primaria está siendo alimentada por un sistema de tornillos que recolectan la materia prima de silos, por lo tanto, las dos tolvas son llenadas simultáneamente, pero hasta que estén llenas se vacía su contenido a la mezcladora.

La cantidad de materias primas menores varía para cada uno de los cuatro tipos de alimentos que se producen, además, puede variar para el mismo tipo de alimento, por lo que la receta cambia según los precios y disponibilidad de las materias en el mercado; los operarios deben revisar la receta siempre antes de comenzar la producción, dado que esta puede modificarse durante el día, inclusive para un mismo tipo de alimento.

Es importante tener en cuenta que no existe un método de trabajo definido; los operarios realizan su trabajo de forma distinta cada uno. Por eso, se realizó un estudio de las operaciones con el fin de

definir un diagrama de flujo que represente las actividades del área en estudio. Las acciones se dividen para que los 4 operarios realicen sus tareas en paralelo, como se observa en la Figura 7:

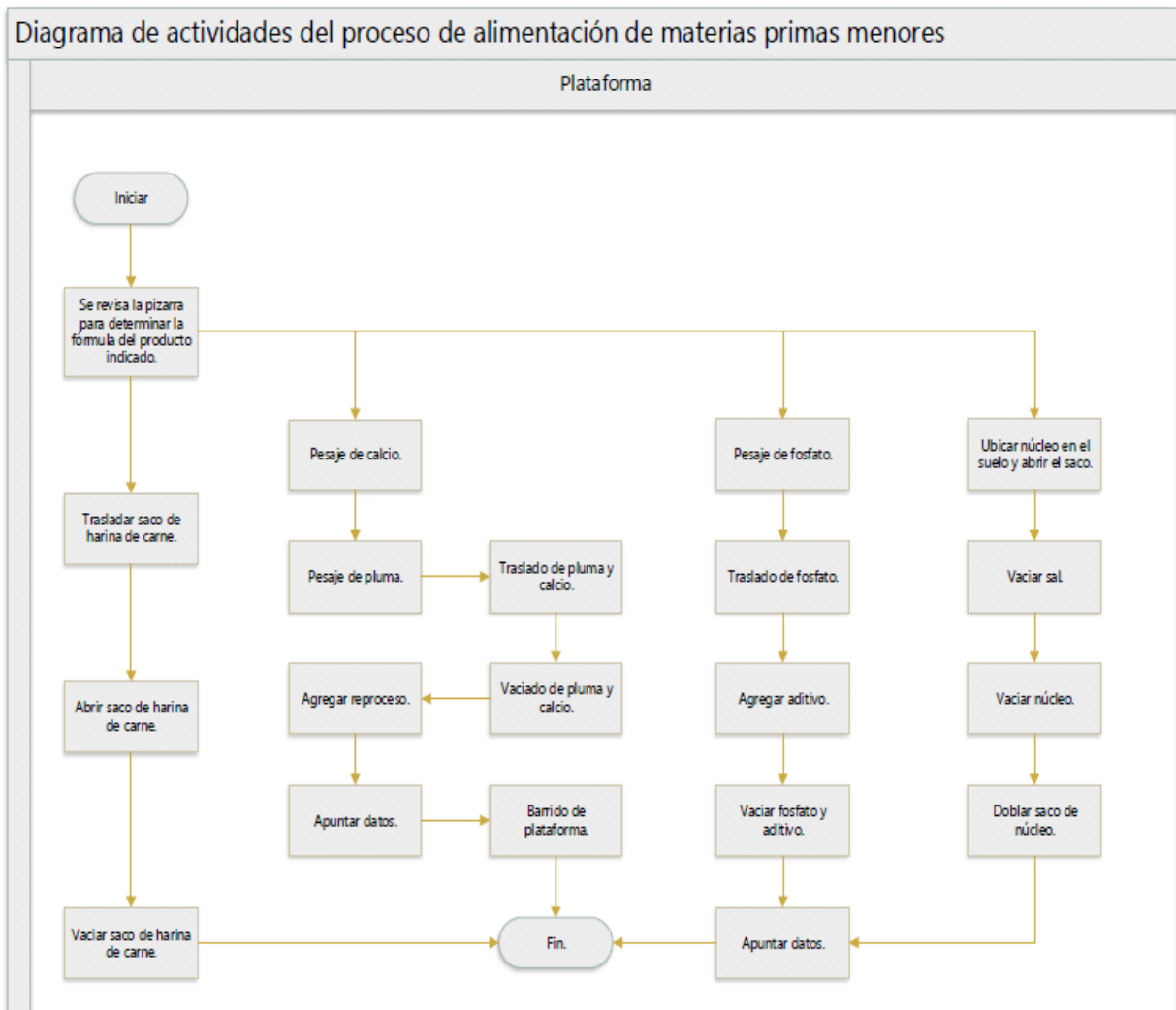


Figura 7. Diagrama de actividades del proceso de alimentación de materias primas menores

- Operario 1: maneja todo lo relacionado con la harina de carne; toma los sacos de harina de carne de una tarima, los ubica cerca del bajante de la cadena utilizando ganchos de sujeción y los abre para que queden listos para ser utilizados. Al tener los sacos abiertos, se vacía su contenido en el bajante.
- Operario 2: sus actividades principales son pesado de calcio, pesado de pluma y agregar material de reproceso; para esto, toma una pala y deposita uno de los dos ingredientes en el balde hasta alcanzar el peso que indica la receta, luego deposita el otro ingrediente hasta alcanzar el peso adecuado. Posteriormente, traslada en balde ambos ingredientes hasta el bajante y en caso de que la cadena esté detenida, deposita todo el material. De seguido, reubica el balde en la báscula, toma nuevamente una pala y deposita aproximadamente 20 kg de reproceso en el bajante que lleva a la cadena transportadora. Por último, apunta los datos de pesajes en una boleta.

Como se mencionó, las actividades desempeñadas por este operario involucran el 71 % de las actividades calificación 4 en la evaluación de balance de cargas, por lo que corre el riesgo de sufrir lesiones músculo esqueléticas.

- Operario 3: se encarga de agregar aditivos y fosfato; para esto toma un cucharón grande de acero y pesa el fosfato en un balde, luego traslada el balde hasta la cadena y vacía el contenido; posteriormente reubica el balde en la báscula y apunta datos de pesaje en una boleta.
- Operario 4: agrega núcleo y sal; para esto toma un saco de 20 kg de núcleo de una tarima, lo coloca en el suelo, abre el saco y deposita su contenido en la cadena. De seguido, dobla el saco y lo coloca en un contenedor. Al finalizar, agrega la cantidad de sal adecuada, la cual viene empacada en una bolsa. Posteriormente, apunta los datos en una boleta.

4.2. Análisis de actividades de alta carga laboral

Con base en los resultados obtenidos en la evaluación de cargas de trabajo, y conociendo las actividades desarrolladas en el área en estudio, se decide realizar un análisis de aquellas que tienen una categorización cuatro, lo que indica que poseen una fuerte carga física y pueden ser causal de lesiones músculo esqueléticas, por lo tanto, deben ser rediseñadas o eliminadas.

En virtud de que se debe realizar este cambio en las actividades, es preciso conocer las entradas y salidas de cada una de ellas, pensando en la posibilidad de que sean modificadas en la etapa de diseño. Dadas las necesidades, se considera que la herramienta más apropiada para esto es un diagrama SIPOC, que recibe su nombre por sus siglas en inglés: *Supplier* (proveedor), *Input* (entrada), *Process* (proceso), *Output* (salida) y *Customer* (cliente). Este diagrama permite visualizar el proceso de manera sencilla y general, e identificar la interacción que tienen los procesos de toda la organización, ya que se puede observar como el resultado de un proceso se convierte en la entrada de otro (Tovar, 2007).

4.2.1. Trasladar saco de harina de carne

Esta actividad consiste en trasladar los sacos de 50 Kg de harina de carne, ubicados en una tarima con 50 sacos que el montacargas ha puesto en una esquina del área de trabajo, y se utilizan dos ganchos sujetadores para bajar un saco de la tarima y arrastrarlo hasta un área cercana al bajante de la cadena, con el fin de que el vaciado de los sacos sea más rápido. Esta actividad tiene calificación cuatro, según la herramienta de evaluación de cargas de trabajo, debido al peso de cada saco y a que el traslado se realiza únicamente con su fuerza física, sin ningún tipo de estructura de soporte, como se puede observar en la Figura 8.

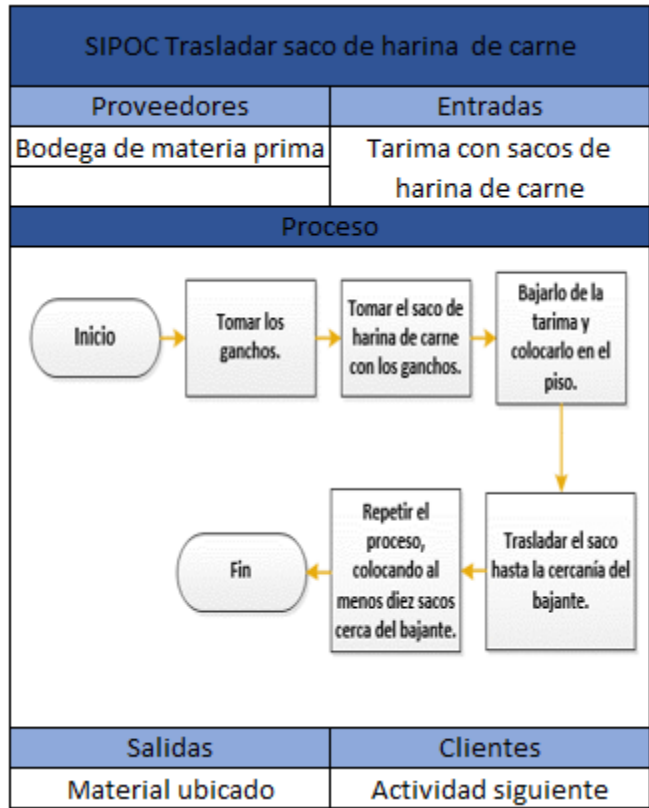


Figura 8. SIPOC Trasladar saco de harina de carne

4.2.2. Pesado de calcio

La actividad consiste en el pesado de calcio, el cual está ubicado en una saca de aproximadamente 1 000 Kg, de la cual extrae el material con el uso de una pala y se deposita en un balde sobre una balanza; esta tarea tiene clasificación cuatro, debido al tipo de movimiento que realiza con la pala, ya que cuando la saca se encuentra llena, el operario debe realizar un movimiento repetitivo a una altura sobre los hombros y movimientos restringidos, y el peso de la pala hace que la actividad no cumpla con normas de ergonomía aceptadas, como se observa en la Figura 9.

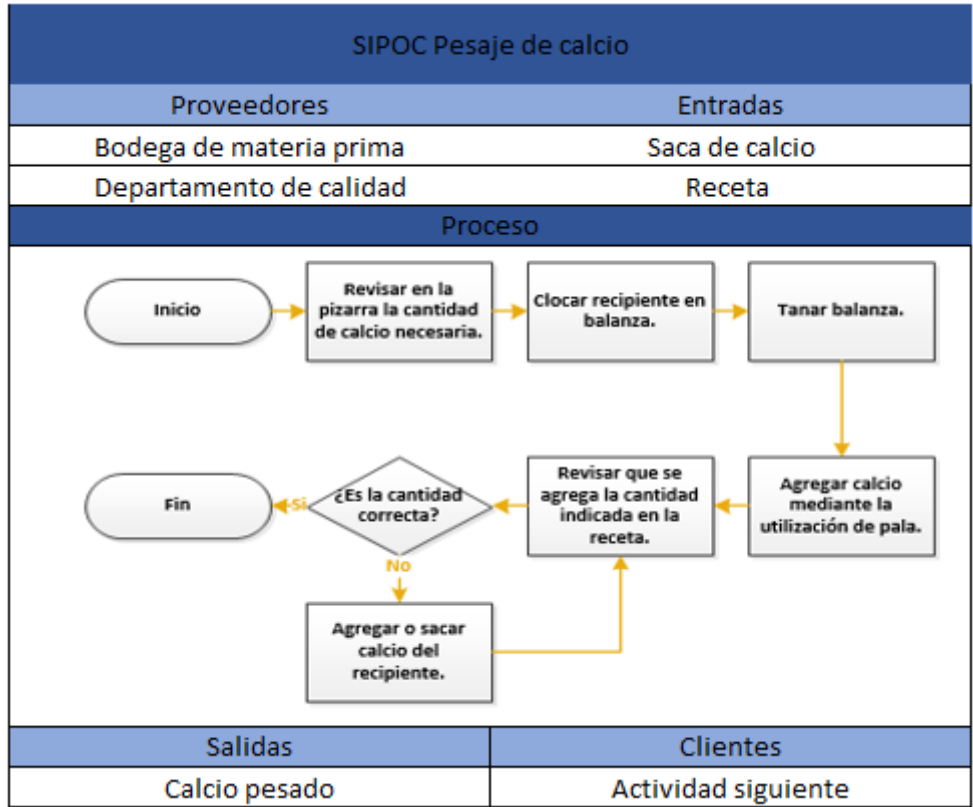


Figura 9. SIPOC para la actividad Pesaje de calcio

4.2.3. Pesaje de pluma

La actividad consiste en el pesado de pluma, ubicada en una saca de aproximadamente 500 Kg, de la cual se extrae con una pala y se deposita en un balde sobre una balanza; esta tarea tiene clasificación cuatro, debido a la torsión del tronco e inclinación hacia adelante, así como a la altura de la cual se debe tomar el material cuando la saca está llena. Esto hace que la actividad no cumpla con normas de ergonomía aceptadas, como se observa en la figura 10.

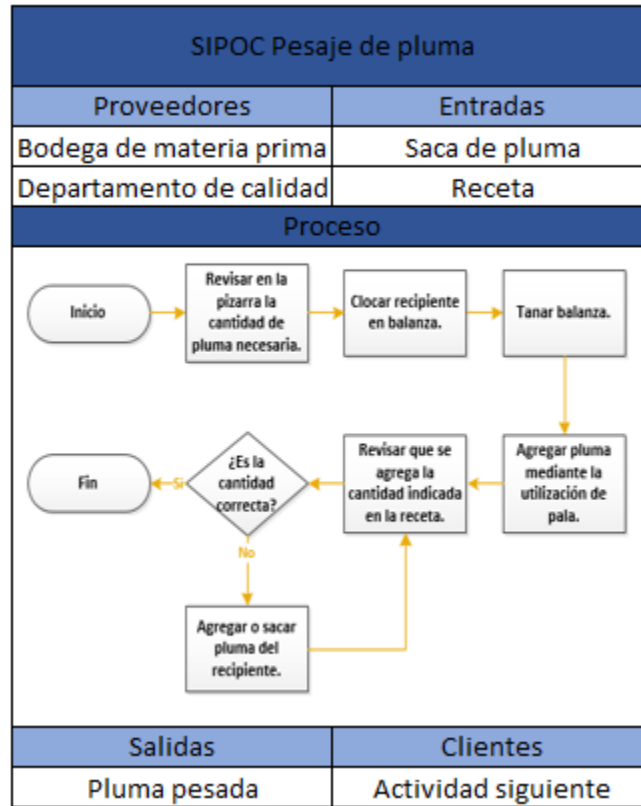


Figura 10. SIPOC de Pesaje de pluma

4.2.4. Vaciado de harina de carne

La actividad consiste en vaciar los sacos de carne, según la receta del alimento; por tanda de alimento se utiliza uno o dos sacos, ubicados cerca del bajante de la cadena; la actividad tiene clasificación cuatro, debido a la inclinación que realiza el operario para vaciar el saco y el peso del saco, por lo que no cumple con normas de ergonomía aceptadas, como se detalla en la Figura 11.

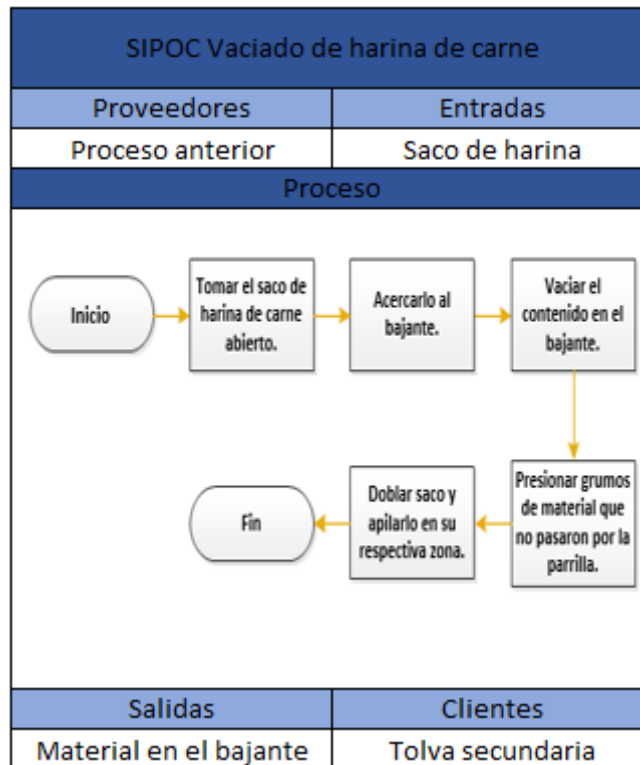


Figura 11. SIPOC de actividad de Vaciado de harina de carne

4.2.5. Traslado de pluma y calcio

La actividad consiste en el traslado de la pluma y calcio, los cuales se encuentran en un mismo balde en el que han sido pesados, el cual se traslada desde la báscula hasta un sector aledaño al bajante de la cadena. Para esta actividad, el operario debe inclinarse y arrastrar el balde hasta otro sitio, con inclinación del torso; según la herramienta utilizada, obtiene un puntaje de cuatro al no cumplir con normas de ergonomía aceptadas, tal y como se observa en la Figura 12.

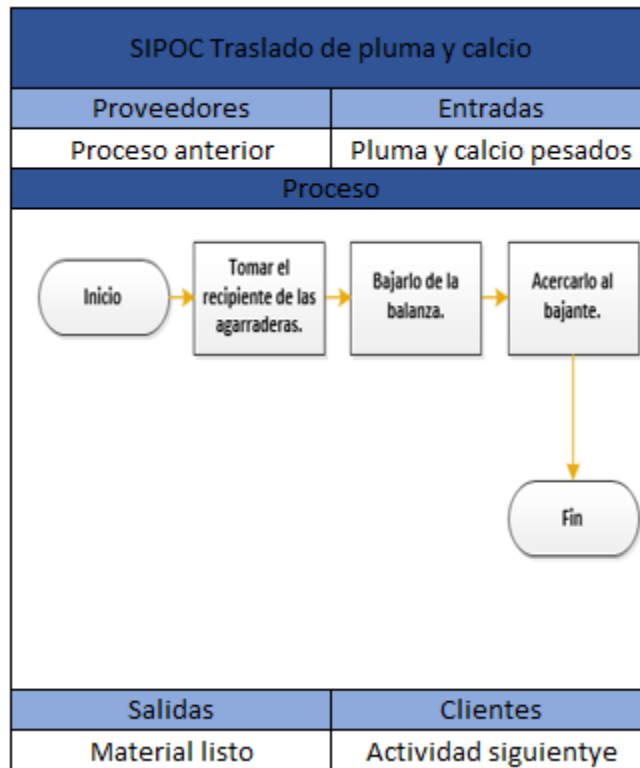


Figura 12. SIPOC de Traslado de pluma y calcio

4.2.6. Vaciado de pluma y calcio

La actividad consiste en vaciar la pluma y el calcio, los cuales se encuentran en un mismo balde en el que han sido pesados, y el balde se ha ubicado aledaño al bajante de la cadena transportadora; el operario debe inclinarse y realizar esfuerzo, con torsión simultánea del tronco para mover el balde, el cual pesa más de 30 Kg; la herramienta le asigna clasificación de cuatro y no cumple con normas de ergonomía aceptadas, como se observa en la Figura 13.

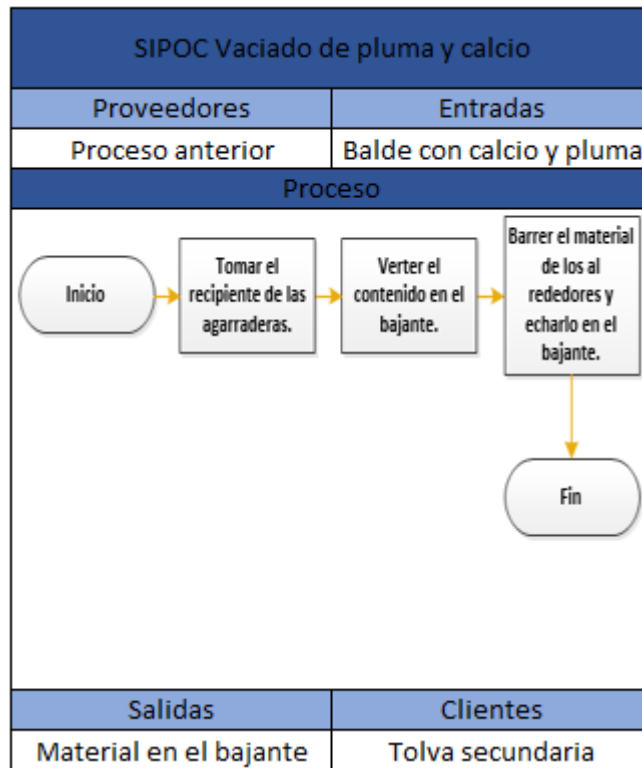


Figura 13. SIPOC Vaciado de pluma y calcio

4.2.7. Agregado de reproceso

La actividad consiste en agregar material de reproceso, que se encuentra en una saca de aproximadamente 400 Kg en el otro extremo del área de trabajo; el operario deposita dos paladas llenas de material en el bajante de la cadena transportadora; la herramienta le asigna clasificación cuatro debido a la torsión del tronco, y la actividad no cumple con normas ergonómicas aceptadas, como se detalla en la Figura 14.

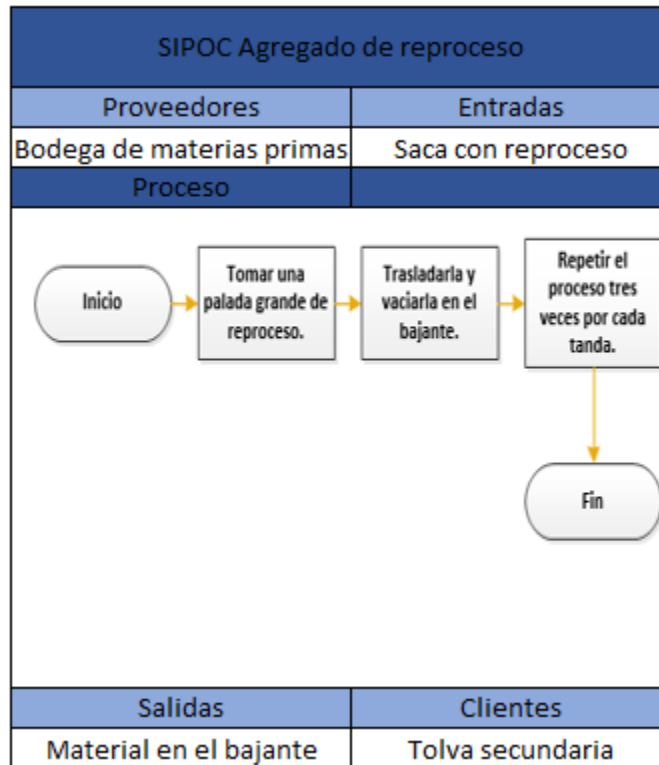


Figura 14. SIPOC Agregado de reproceso

5. Etapa 3: Estudio de tiempos

La tercera etapa de diagnóstico corresponde a un estudio de tiempos. Con esto, se plantea obtener resultados como el análisis del tiempo real disponible, el tiempo estándar de las actividades y el tiempo de ciclo real del proceso en estudio. Con base en estos tiempos, se logra determinar un conjunto de indicadores operativos de interés para el estudio (Figura 15).

Etapas	Objetivos	Actividades	Herramientas	Resultado
<p>Caracterización de procesos</p> <p>Estudio de tiempos y cálculo de indicadores operativos</p>	<p>Cuantificar los indicadores operativos del área de estudio y compararlos contra condiciones apropiadas o estándares mundiales del sector de alimentación animal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realización del mapeo de procesos actuales. Análisis de cada proceso del área de estudio. Identificación del porcentaje de tiempo productivo e improductivo. Determinación de tiempos estándares de actividades del área en estudio y el cuello de botella. Determinación de variables de operación. Comparación de situación actual contra los potenciales métodos de trabajo factibles de implementar. 	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama de flujo. SIPOC. Análisis de datos. Estudio de tiempos. Cálculo de eficiencia de línea, tiempo de ciclo, productividad y capacidad de producción. Comparación de indicadores operativos. 	<ul style="list-style-type: none"> Descripción de los procesos actuales. Entradas y salidas de cada proceso. Tiempo real disponible. Tiempos estándares de las actividades y determinar el cuello de botella. Estado actual del área en estudio. Indicadores operativos de los potenciales métodos de trabajo. Brechas entre método actual contra los potenciales métodos de trabajo.

Figura 15. Estudio de tiempos y cálculo de indicadores operativos

5.1. Determinación de tiempo disponible

Inicialmente, se debe determinar el tiempo disponible, ya que existen distintos tipos de tiempos muertos o no disponibles, los cuales deben considerarse al planear la producción.

La empresa cuenta con dos turnos, intercalados durante dos horas, en las cuales, los operarios del turno dos se encargan de realizar labores de limpieza, mientras los colaboradores del primer turno terminan sus operaciones. Esto obedece a que la planta se encuentra ubicada en una zona residencial, por lo que tiene horarios limitados para su funcionamiento. Tomando en consideración ambos turnos, la empresa cuenta con 14 horas diarias operativas.

En la Figura 16 se presenta la distribución de las 14 horas disponibles, y se observa cómo se cuenta solo con 10,25 horas, ya que se resta el tiempo de suplementos y los tiempos no productivos. En los tiempos de suplementos, se considera el desayuno, almuerzo y merienda de la tarde, así como aspectos relacionados con la seguridad laboral.

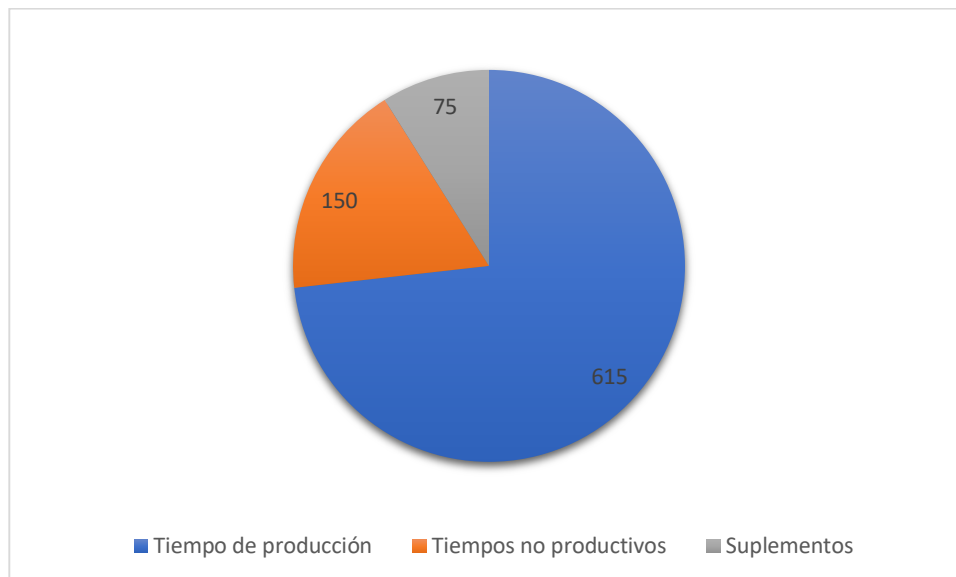


Figura 15. Tiempo real disponible en minutos

De la Figura 17, resulta necesario analizar el hecho de que se tiene, en promedio, 150 min de tiempos no productivos, y se demuestra que la razón principal de estos tiempos no disponibles es el mantenimiento programado, pues se invierten 70 min, en promedio. De seguido, se cuenta con 40 min, en promedio, de tiempos muertos.

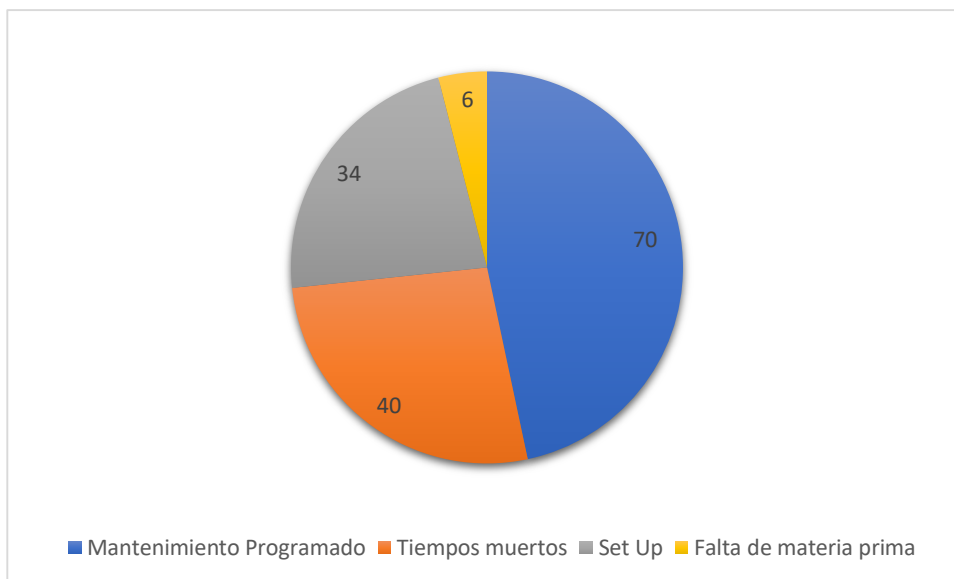


Figura 16. Tiempo no disponible en minutos

Es preciso observar el hecho de que debido a *set ups*, la empresa necesita, en promedio, 34 min diarios, dado que el cambio de materias primas en el área donde se desarrolla el proceso de alimentación de materias primas menores, es sumamente lento, ya que todo debe realizarse con el montacargas, pues las materias están posicionadas en tarimas. Otro aspecto importante es que, en promedio, se pierden 6 min diarios por falta de materia prima, en tanto por la ausencia de algún material, se debe contactar al montacarguista para que lo traiga, y en algunas ocasiones el contacto no se hace en el momento adecuado, por lo que se pierden minutos mientras la materia prima es colocada en su debida ubicación.

5.2. Estudio de tiempos enfocado en capacidad de producción

Determinado el tiempo real disponible con el que cuenta la empresa, se realiza un estudio de tiempos en el área de alimentación de materias primas menores, con el fin de señalar la capacidad real de producción. El área de alimentación de materias primas menores cuenta con 19 procesos divididos en 4 etapas, las cuales se pueden desarrollar de manera paralela.

Como se ha mencionado a lo largo del documento, el área en estudio no tiene procedimientos establecidos, ni actividades documentadas, por lo que fue preciso analizar las actividades, con el fin de determinar un estándar que permita estructurar las operaciones con un orden lógico.

Con los procesos y actividades delimitadas, se analizó a los operarios, para determinar el más apto y que realiza de mejor manera sus funciones, pues a este se le tomaron las muestras de tiempos y es el que funciona como punto de referencia.

Al definir las actividades y el operario, se prosiguió con el estudio de tiempos, para definir el tiempo promedio que tarda un operario ejecutando sus funciones. A este tiempo promedio se le asignó un

porcentaje de valoración, según la manera en la que se desempeñó el operario al efectuar la actividad, y se le sumaron sus respectivos suplementos, los cuales varían según la actividad realizada.

Existen dos suplementos fijos que se tomaron en cuenta y aplicaron de igual manera para todas las actividades: fatiga y necesidades personales.

Con el estudio de tiempos realizado, y según la distribución de las actividades dentro del área en estudio, se determinó la operación considerada cuello de botella, así como la actividad que tarda más tiempo en ser realizada. Entiéndase operación como el conjunto de actividades que efectúa cada operario. Dichas actividades se observan en la Tabla 9.

Tabla 9. Estudio de tiempos, cuellos de botella.

	Tiempos (segundos)												
	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	161-180	181-200	201-220	221-240	241-260
Operación 1													
Operación 2													
Operación 3													
Operación 4													

Como se muestra en la Tabla 9, la operación dos requiere un tiempo considerablemente superior a las otras, tardando más del doble que la operación más lenta, lo que indica un importante desbalance entre las actividades del área en estudio. En cuanto a las actividades, el pesaje de pluma implica casi un 40 % del tiempo de la etapa dos (80 s). A esto se le suma el hecho de que, según la evaluación de cargas de trabajo, es un proceso que debe ser rediseñado, pues implica un riesgo para la salud del colaborador.

Al relacionar el estudio de tiempos con la evaluación ergonómica, resulta de interés del equipo de trabajo determinar el tiempo operativo que implican las actividades con calificación 4, ya que estas deben ser diseñadas nuevamente, considerando los principios de ergonomía y cargas de trabajo. La Figura 18 refleja la cantidad de tiempo a la que equivale cada evaluación.

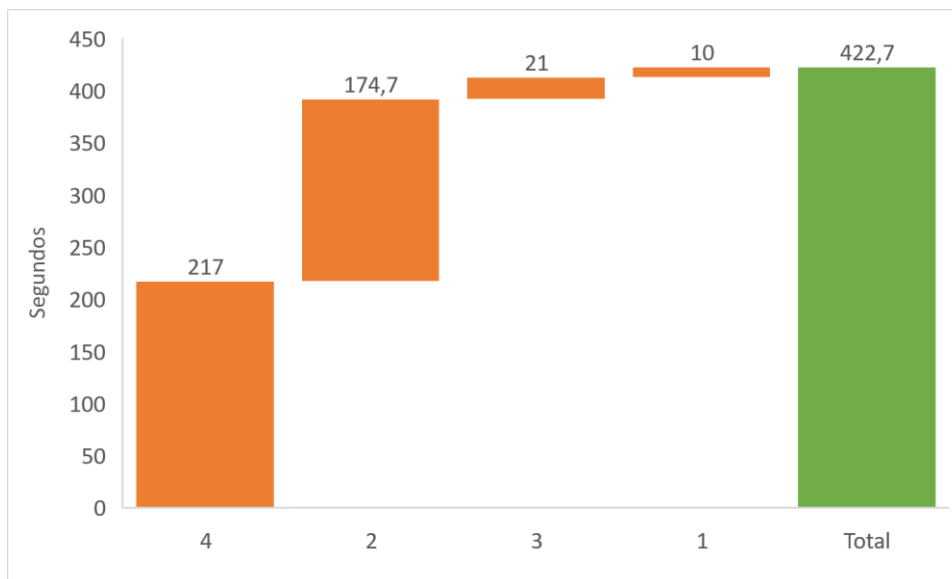


Figura 17. Cantidad de tiempo según la clasificación de carga de trabajo

Como se observa en el Figura 18, más de la mitad del total del tiempo estándar de todas las actividades, es de calificación 4, lo que equivale a un 51 % y demuestra que, en una futura etapa de diseño, estas actividades calificación 4 deberían ser rediseñadas, por lo que el tiempo estándar operativo también se reduciría de forma considerable.

Con base en este estudio de tiempos, se determinó un conjunto de variables operativas que permiten analizar de mejor manera el estado actual del proceso.

5.3. Variables operativas

Se realizó el cálculo de las siguientes variables:

- Eficiencia de línea
- Tiempo de ciclo
- Cantidad promedio de baches producidos por mes
- Productividad

La eficiencia de línea se calcula para determinar “*el grado en que el equipo, el espacio o la mano de obra se emplean actualmente* (Krajewski, 2000)”. Con este indicador se permite determinar el aprovechamiento de la mano de obra y del equipo. Por otro lado, con el cálculo del tiempo de ciclo se pretende determinar “*el intervalo de tiempo que transcurre para que los productos terminados dejen la línea operativa o de producción* (Orozco, 2016)”. Este indicador está directamente ligado con la cantidad promedio de baches que se puede producir mensualmente, ya que el área en estudio es el cuello de botella de la línea productiva total, por lo que es en el área de materias primas menores en donde se lleva el ritmo de producción de la planta.

Finalmente, se calcula también la productividad de la planta, la cual “*permite comparar los grados de aprovechamiento que obtiene la empresa en el empleo de los factores de producción aplicados* (Alfaro, 1999)”. En otras palabras, y para efectos del diagnóstico de la empresa, se puede entender la productividad como el índice de calidad por el índice de eficiencia, lo que permite observar el porcentaje de tiempo aprovechado realmente en labores operativas, multiplicado por el porcentaje de unidades producidas contra las unidades planeadas.

De esta manera, se podrá conocer la realidad de la empresa en términos de capacidad de producción, aprovechamiento de recursos, y productividad, indicadores vitales para el correcto desempeño de cualquier empresa.

La Tabla 10 muestra los resultados obtenidos:

Tabla 10. Variables operativas

Eficiencia de línea:	44 %
Tiempo de ciclo:	253 s
Cantidad de baches mensuales:	3 400
Productividad:	66 %

El aprovechamiento del personal y del equipo está siendo sumamente bajo, en tanto se obtiene provecho solo de un 44 % del tiempo disponible para operar.

Como se observó, el tiempo de ciclo obedece a la operación dos del proceso de materias primas menores, y a su vez, es la razón por la que hay gran cantidad de tiempos muertos por cada ciclo de trabajo. Debido a este tiempo de ciclo, se tiene la capacidad para producir 3 400 baches mensuales, el equivalente a 7 480 toneladas de alimento. Como se observará, esta capacidad no resulta suficiente para cumplir con planes de producción elaborados a un año.

La empresa cuenta con una productividad del 66 %, porque se tiene un porcentaje de eficiencia del 80 %, y un porcentaje de calidad del 83 %, lo que indica que no se está alcanzando la planeación de producción y que hay un desaprovechamiento del tiempo disponible. A medida que se utilice de mejor manera el tiempo disponible, se podría tener un alza en la capacidad de producción, por lo que la empresa podría mejorar este indicador que, en términos generales, muestra un rendimiento bajo de la planta de producción.

Para dimensionar estas variables, se realiza un balance de líneas con base en el tiempo estándar de las actividades, buscando aprovechar de mejor manera el recurso disponible. Lo que se procura con esta nueva distribución de actividades es comparar escenarios, mostrando el estado correcto en el cual debería encontrarse la organización.

5.4. Balance de actividades

Ya que se definió el proceso actual en el área de alimentación de materias primas menores, se evalúa la posible mejoría mediante un adecuado balanceo de línea. Es preciso considerar que si se tiene una línea de producción en la cual no hay actividades en paralelo, la única opción para reducir los tiempos de ciclo es disminuyendo el tiempo del cuello de botella. Sin embargo, el área en estudio consta de cuatro operaciones principales que pueden desarrollarse en paralelo, por lo que la manera de disminuir el tiempo de ciclo es mediante un balance adecuado de los tiempos de cada operación, ajustando las actividades que componen cada una de ellas, para que cada operación tarde un tiempo similar (Muñoz, 2009).

Al realizar este balance de líneas, lo que se busca es reducir la cantidad de tiempos muertos durante cada ciclo, de manera que el porcentaje de aprovechamiento sea el más adecuado, y disminuya el tiempo de ciclo.

Existen actividades que deben realizarse en la misma etapa, ya que una es predecesora de otra. Considerando estos aspectos, el ciclo se presentaría de la siguiente manera (Tabla 11).

Tabla 11. Balance de actividades

	Tiempos (segundos)							
	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160
Etapa 1								
Etapa 2	Pesaje de pluma							
Etapa 3								
Etapa 4								

Como se observa, el cuello de botella continúa siendo la etapa 2, y la actividad cuello de botella continúa siendo el pesaje de pluma; sin embargo, dado el reacomodo de actividades, se tiene un aprovechamiento mejor de los recursos del área de materias primas menores.

La diferencia entre la etapa cuello de botella y la etapa de menor duración es de menos de un minuto, lo que permite mejorar los indicadores productivos. A continuación, se presenta la Tabla 12 comparativa entre el estado actual, y como se podría estar con un balance de líneas adecuado:

Tabla 12. Comparación de indicadores operativos.

Indicador	Escenario actual	Balance de línea
Eficiencia de línea	44 %	76 %
Tiempo de ciclo (s)	253	145
Cantidad de baches mensuales	3 400	5 935

Al realizar un balance de línea adecuado, los indicadores operativos mejoran sustancialmente, obteniendo una eficiencia de línea de un 76 %, la cual mantiene la oportunidad de mejora.

Se redujo el tiempo de ciclo en un 57,3 %, con una disminución de más de dos minutos. Esto se refleja en la cantidad de baches producidos mensualmente. Al disminuir el tiempo de ciclo, la producción aumenta en un 74 %, logrando un cumplimiento de los planes de producción futuros.

Sumado a estos resultados, el equipo de trabajo analizó lo que se planea realizar en la etapa de diseño: un sistema automatizado que permita cubrir las necesidades de la organización. Con base en este posible modelo, se presenta el comportamiento que se tendría en cuanto a la capacidad de producción, considerando el hecho de que el área de materias primas menores es el cuello de botella del área productiva, como se muestra en la Figura 19.

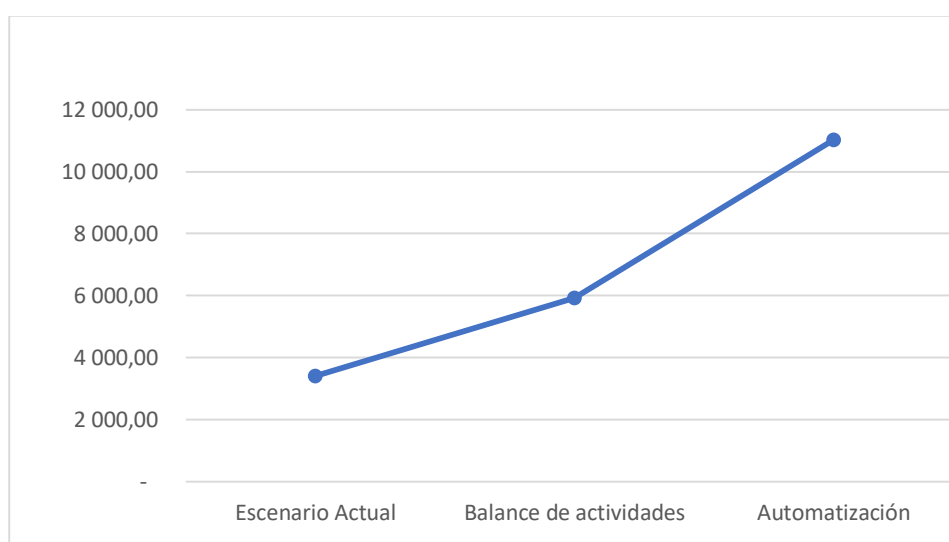


Figura 18. Comparación de capacidad de producción

Mediante una automatización del área de plataforma, el aumento que se tendría en cuanto a la capacidad de producción sería de un 324 %, pasando de producir 3 400 baches mensuales, a tener la posibilidad de producir prácticamente 11 000 baches mensuales, gracias a que el tiempo de ciclo pasaría de 4:22 min a 1:30 min, con la presencia de un solo operario que ejecute las funciones que, por su naturaleza, no pueden ser automatizadas.

Todas las comparaciones presentadas hasta ahora se realizan con el fin de demostrar el estado actual de la organización, ya que, presentando solo los indicadores, no se podría tener en perspectiva la situación. Comparando esto con dos escenarios factibles de implementar, se determinó que, con una estandarización de procedimientos y un balance de líneas, la empresa podría mejorar considerablemente sus indicadores operativos, y con esto, aumentar su capacidad de producción en más de 2 500 baches mensuales.

Por otro lado, ejecutando el plan que la empresa desea realizar, el cual consiste en la automatización del área en estudio, la capacidad de producción aumentaría en 7 600 baches en promedio, y se tendría la posibilidad de solucionar los problemas relacionados con ergonomía.

6. Etapa 4: Capacidad de cumplimiento de pronósticos

La cuarta etapa del diagnóstico consiste en la evaluación de la capacidad de cumplimiento de pronósticos, tomando en consideración todos los indicadores operativos calculados en etapas anteriores. Para esto, es necesario calcular los pronósticos, tomando como base la información histórica de demanda desde 2015.

Seguidos al cálculo y selección del método más apropiado para realizar los pronósticos, se analiza el cumplimiento con respecto a la capacidad actual, y se compara contra la posible capacidad que se tendría mediante un balance de línea, como se visualiza en la Figura 20.

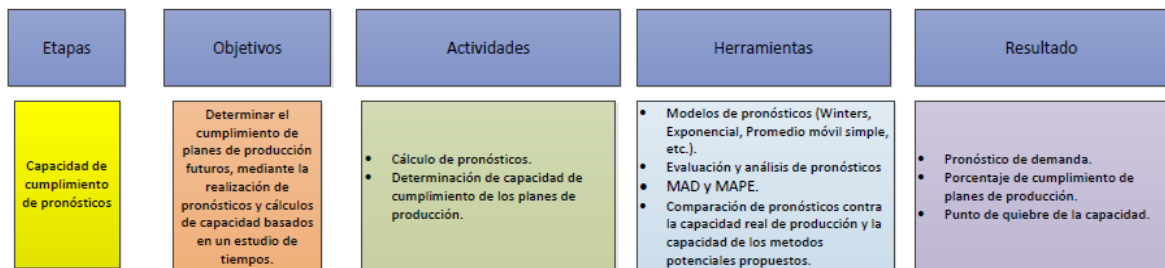


Figura 19. Capacidad de cumplimiento de pronóstico

6.1. Cálculo de pronósticos

Para calcular los pronósticos a tres años, fue importante analizar inicialmente la información de demandas históricas recopiladas, con el fin de seleccionar el método más apropiado para calcular las proyecciones de demanda, ya que existen distintos métodos y todos dependen del comportamiento del registro.

Al analizar la información, se puede observar tendencias en algunos meses, ya sea para el alza de producción, o por periodos de baja demanda. Por otro lado, se muestra cierta tendencia hacia la constancia, con un leve crecimiento a lo largo de los años.

Con base en estos comportamientos de la información histórica, y según las recomendaciones que ofrece el sistema ForecastPRO, se determinan dos opciones de pronóstico: suavización exponencial, el cual *“es un método de pronóstico que consiste en una combinación del último pronóstico y el último valor observado (Render, 2006)”*; y Box-Jenkins, que *“establece un modelo estadístico que representa la relación entre las variaciones que experimenta una serie temporal a lo largo de determinados períodos (García, 1995)”*.

La manera de selección del método de cálculo de pronóstico más apropiado se efectúa mediante la comparación del MAD, que *“consiste en el promedio de los valores absolutos de los errores que se*

obtienen en los pronósticos de ajuste para datos pasados (Hanke, 2006)”. Esta comparación se realiza de manera automática en el sistema, y presenta los resultados con el fin de ejecutar un análisis para determinar la selección más adecuada.

Con base en esto, se utilizó el método Box Jenkins, que tiene valores de MAD más bajos. De igual manera, se realizó el análisis del valor MAPE, que “muestra el error como porcentaje del valor real que habrá de ser pronosticado (Hanke, 2006)”, con el fin de validar el hecho de que es el método más apropiado para realizar el pronóstico. Se obtuvo un MAPE de 5,98 %, el cual se compara contra el MAPE obtenido por pronósticos realizados por la empresa, con un valor del 21 %, por lo que se considera que el Box Jenkins es el método adecuado para ejecutar un análisis de capacidad de cumplimiento de demandas futuras. A continuación, se presentan los resultados obtenidos con este método y la herramienta ForecastPro. Como se observa en la Figura 21, los pronósticos indican tendencia a mantenerse constante, disminuyendo el nivel de los picos entre tendencias.

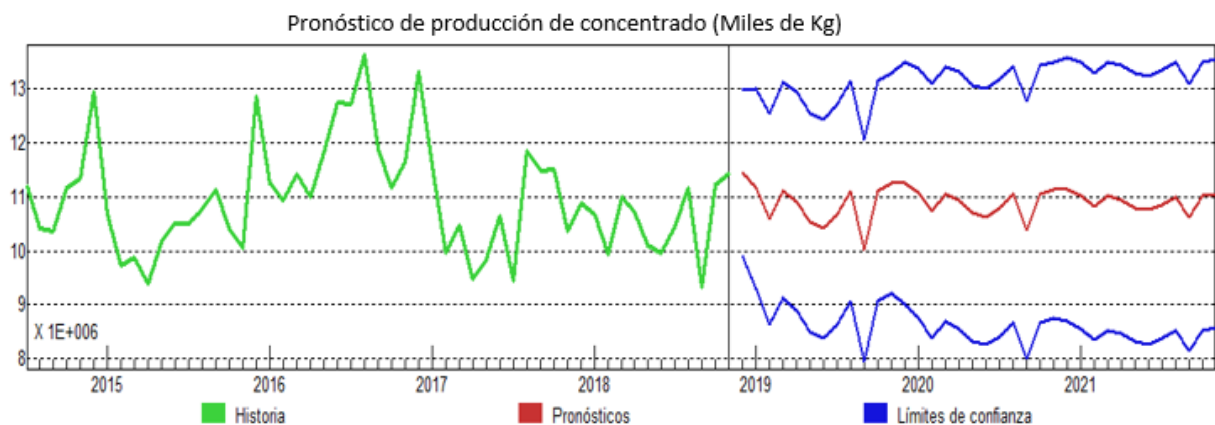


Figura 20. Salida gráfica de pronóstico

6.2. Capacidad de cumplimiento de planes de producción

Tras realizar el análisis sobre la demanda de periodos anteriores, y con base en esto generar pronósticos de demanda a tres años, es de interés del equipo de trabajo determinar la capacidad de cumplimiento con respecto a estos pronósticos.

Como se mencionó, la empresa cuenta con una capacidad de producción de 3 400 baches mensuales, con base en el tiempo de ciclo del proceso de alimentación de materias primas menores, el cual es el cuello de botella del proceso de producción actual.

Tras realizar un balance de línea, y los cálculos respectivos, se mostró como la empresa podría llegar a alcanzar una capacidad promedio de 5 935 baches mensuales, aumentando su capacidad productiva en prácticamente el doble, con solo un reacomodo de las actividades. Sin embargo, y como se dijo, esta no es la solución para las deficiencias en los aspectos ergonómicos.

Con base en estas capacidades, se realiza una producción contra los pronósticos efectuados, y se determina que la empresa no tiene capacidad para alcanzar los planes de producción futuros. Por

otro lado, con el balance de líneas, la empresa podría cubrir todos estos pronósticos, e inclusive, tendría capacidad para cubrir picos no pronosticados, pues la capacidad promedio es considerablemente mayor a los pronósticos promedio.

A continuación, se presenta un gráfico que muestra el comportamiento de la demanda, en comparación con la capacidad actual y la capacidad con el balance de líneas:

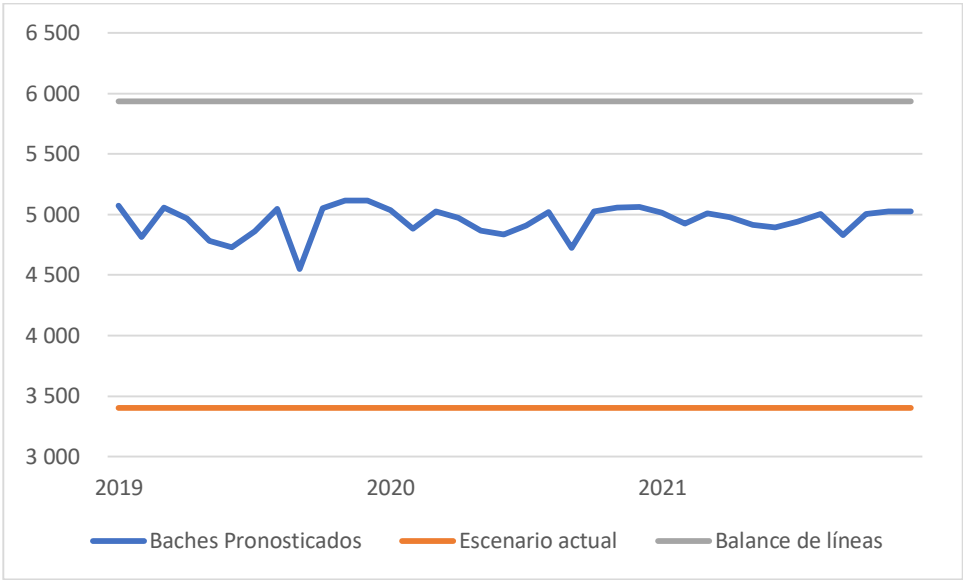


Figura 21. Cumplimiento de pronóstico

Como se observa en la Figura 22, la capacidad actual de la empresa se encuentra muy por debajo de los pronósticos de producción. Si actualmente están llegando a cubrir las demandas, es por el pago de horas extra, ya que la organización requiere también trabajar los domingos para alcanzar la demanda.

Por otro lado, con solo un balance correcto de las actividades, la empresa supera considerablemente los pronósticos a tres años, sin necesidad de recurrir a ningún gasto adicional ni pagos extra.

7. Conclusiones etapa de diagnóstico

En el área de alimentación de materias primas menores se evidencian deficiencias importantes en el tema de ergonomía, ya que no se consideraron los principios básicos ergonómicos al realizar los procesos; a esto se le suma el hecho de que no tienen procedimientos establecidos, por lo que cada uno de los operarios ejecuta sus actividades de manera distinta.

Realizando una evaluación de las actividades del área en estudio, se determinó que el 37 % debe rediseñarse, ya que incumple principios de ergonomía y representa una sobrecarga para el operario, lo que se puede convertir en lesiones en un mediano plazo.

Por otro lado, estas actividades representan más de la mitad de la sumatoria del tiempo estándar de todas las actividades, por lo que, en caso de ser rediseñadas, el tiempo de ciclo también se vería modificado.

Con respecto al tiempo disponible, solo el 73 % del tiempo total de la jornada es aprovechado para labores operativas, mientras que se pierde el 5 % del tiempo total. Otro aspecto por considerar es que el 8 % del tiempo se destina a mantenimientos programados, lo que muestra descoordinación entre el área de producción y el área de mantenimiento.

Con base en el estudio de tiempos, se calcularon indicadores operativos que permiten conocer el estado actual del área en estudio. Dado que la empresa no tiene estandarizados los procedimientos, la manera en la que se desarrollan las actividades no es la óptima, lo cual se refleja en un 44 % de eficiencia de línea y un 66 % de productividad.

Finalmente, y como se observó en la etapa 4, la empresa no cuenta con capacidad para cumplir los pronósticos de demanda sin recurrir a horas extra, aspecto que se puede cambiar ejecutando un apropiado balance de actividades. Sin embargo, aunque esto mejora los indicadores operativos, no resuelve los problemas de ergonomía, medulares en el proceso de alimentación de materias primas menores.

Capítulo 3. Diseño

A partir del diagnóstico se determina que es necesario diseñar los procesos del área de alimentación de materias primas menores, considerando aspectos básicos de ergonomía y aumentando la capacidad de producción de la planta. En este capítulo se elabora un diseño automatizado del área en estudio, tomando tales consideraciones como base.

1. Objetivos de diseño

1.1. Objetivo general de diseño

Diseñar el proceso automatizado de alimentación de materias primas menores, que cumpla con las políticas internas de ergonomía y aumente la capacidad de producción de la planta Cobesa, mejorando los niveles de satisfacción de los colaboradores y de los clientes externos.

1.2. Objetivos específicos de diseño

- Evaluar los insumos, condiciones y restricciones del área en estudio, e investigar sistemas automatizados que se adapten a ellas.
- Diseñar un sistema de alimentación automatizado con base en las investigaciones realizadas, acorde a las condiciones y restricciones del sistema.
- Documentar y estandarizar los procesos manuales del área de alimentación de materias primas menores.

2. Metodología para la elaboración del diseño

En esta etapa se utiliza la metodología de diseño como herramienta para visualizar los objetivos y actividades realizados a lo largo del capítulo. Se dividió el diseño en tres etapas ligadas directamente a cada objetivo. En cada etapa se determinó un conjunto de actividades que respaldaran los objetivos planteados. En la Figura 22 se muestran los objetivos del diseño, en conjunto con las actividades, las herramientas y los resultados que se esperan alcanzar:

Etapas	Objetivos	Actividades	Herramientas	Resultado
Investigación	Investigar los insumos, condiciones y restricciones del área en estudio y sistemas automatizados que se adapten a ellas.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de restricciones del espacio físico. • Determinación de propiedades físicas de materias primas. • Investigación de tolvas que se adapten a las propiedades físicas de las materias primas en estudio. • Investigación de dosificadores que se adapten a las condiciones y restricciones del proceso. • Investigación de formas alternativas para aumentar el tiempo entre recargas de las tolvas de producción. • Investigación de métodos de transporte apropiados para las materias primas. • Investigación de métodos de control apropiados para un sistema automatizado. • Benchmarking con plantas de producción del mismo mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación y mediciones del espacio disponible. • Investigación • Investigación • Investigación • Investigación • Investigación • Investigación • Investigación • Benchmarking 	<ul style="list-style-type: none"> • Espacio disponible para el diseño de un sistema automatizado. • Conocer la densidad, ángulo de caída y humedad de las materias primas, los cuales influyen en la descarga en dosificadores. • Definir las tolvas apropiadas para las materias primas en estudio. • Conocer los dosificadores apropiados para las condiciones del proceso, así como sus restricciones. • Definir tolvas de alimentación que se adapten a las condiciones y restricciones definidas. • Conocer los métodos de transporte de materias primas que se adaptan a las condiciones y restricciones definidas. • Definir el controlador del sistema de producción automatizado. • Determinación de una manera apropiada para automatizar el área en estudio.

Etapas	Objetivos	Actividades	Herramientas	Resultado
<p>Diseño del sistema automatizado de alimentación de materias primas</p>	<p>Diseñar un sistema de alimentación automatizado con base en las investigaciones realizadas, acorde a las condiciones y restricciones del sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Definir las materias primas cuyo proceso debe ser automatizado o mejorado, tomando en consideración los principios ergonómicos. Diseño y selección de los dosificadores adecuados para el sistema de automatización que se adapte a las restricciones del proceso. Diseño de tolvas de producción que se adapten a las restricciones de espacio, de las materias primas y del dosificador seleccionado. Diseño de tolvas de alimentación que permitan un balance de operaciones adecuado en el proceso de alimentación de materias primas menores. Diseño de sistema de transporte de materias primas que se adapte a las restricciones definidas anteriormente. Definición de punto de reorden de tolva de producción y tolva de producción. Selección del método de comunicación del punto de reorden que se adapten a las necesidades del sistema. Rediseño de procesos manuales, tomando en consideración principios ergonómicos. Colocación de tolvas de alimentación y producción con base en las restricciones definidas. Simulaciones de todo el sistema con el fin de ajustar tamaños de tolvas y flujos de material. Definición de la lógica del controlador del sistema automatizado de alimentación de materias primas menores. Comprobación de cumplimiento con base en los requerimientos planteados en el objetivo general. 	<ul style="list-style-type: none"> Matriz multicriterio Investigación, estudio de flujos. Investigación, cálculo estructural de tolvas, cálculo de vaciado. Investigación, estudio de flujos, estudio de tiempos. Investigación, estudio de flujos, estudio de tiempos, cálculo de transporte de tornillo sinfín y cálculo de transporte de elevador de cangilones Estudio de flujos y estudio de tiempos. Investigación, estudio de tiempos, matriz multicriterio. Estudio de tiempos y movimientos Estudio de popularidad y estudio de flujos. Estudio de tiempos, estudio de flujos. Diagrama de escalera. Evaluación ergonómica, estudio de capacidad 	<ul style="list-style-type: none"> Determinación de qué procesos deben ser automatizados o continúan siendo procesos manuales. Determinación de los dosificadores que se adapten a las necesidades del sistema de producción. Diseño y dimensiones de tolvas de producción que se adapten a las restricciones establecidas. Diseño de tolvas de alimentación que se adapten al proceso de producción de materias primas menores. Diseño de un método de transporte adecuado que conecte la tolva de producción y la de alimentación. Punto de reorden de las tolvas de producción y de alimentación. Sensores para el punto de reorden. Diseño de procesos manuales que cumplen con los principios básicos de ergonomía. Ubicación de las tolvas y procesos manuales en el área disponible. Línea de producción balanceada, con base en los tamaños de tolvas y flujos de material. Lógica que seguirá el controlador del sistema automatizado diseñado. Asegurar que el diseño realizado cumple con las políticas de ergonomía y aumenta la capacidad de producción de la planta.
<p>Documentación y estandarización de procesos</p>	<p>Documentar y estandarizar los procesos manuales del área de alimentación de materias primas menores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Requerimientos de personal de nuevo diseño. Realización de diagrama de flujo del diseño Definir y estandarizar procedimientos. 	<ul style="list-style-type: none"> Balance de líneas. Estudio del proceso SOP 	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de operarios necesaria para ejecutar la propuesta seleccionada. Diagrama de flujo de los procesos Procedimientos estandarizados

Figura 22. Metodología de diseño

3. Etapa 1: Evaluación de insumos y restricciones e investigación de sistemas de automatización

Para iniciar con el diseño del sistema fue necesario desarrollar un proceso de investigación, en el cual se consideran aspectos importantes al realizar un sistema automatizado. En virtud de que este tipo de diseño es ajeno a los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, fue necesario investigar el funcionamiento de cada componente y la manera más apropiada para colocarlos en un sistema.

Sumado a esto, se deben determinar todas aquellas restricciones por considerar al elaborar el diseño de un sistema automatizado; entre ellas, las restricciones de espacio físico, de material y de procedimiento.

Como sección final, el equipo de trabajo realizó un *benchmarking*, tomando en cuenta tanto los sistemas automatizados de la misma planta de producción como de otras plantas del mismo sector productivo, para conseguir el diseño lo más actualizado y efectivo posible, adaptando lo aprendido en este estudio comparativo a las necesidades del área en estudio (Figura 23).

Etapas	Objetivos	Actividades	Herramientas	Resultado
Investigación	Investigar los insumos, condiciones y restricciones del área en estudio y sistemas automatizados que se adapten a ellas.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de restricciones del espacio físico. • Determinación de propiedades físicas de materias primas. • Investigación de tolvas que se adapten a las propiedades físicas de las materias primas en estudio. • Investigación de dosificadores que se adapten a las condiciones y restricciones del proceso. • Investigación de formas alternativas para aumentar el tiempo entre recargas de las tolvas de producción. • Investigación de métodos de transporte apropiados para las materias primas. • Investigación de métodos de control apropiados para un sistema automatizado. • Benchmarking con plantas de producción del mismo mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación y mediciones del espacio disponible. • Investigación • Investigación • Investigación • Investigación • Investigación • Investigación • Investigación • Benchmarking 	<ul style="list-style-type: none"> • Espacio disponible para el diseño de un sistema automatizado. • Conocer la densidad, ángulo de caída y humedad de las materias primas, los cuales influyen en la descarga en dosificadores. • Definir las tolvas apropiadas para las materias primas en estudio. • Conocer los dosificadores apropiados para las condiciones del proceso, así como sus restricciones. • Definir tolvas de alimentación que se adapten a las condiciones y restricciones definidas. • Conocer los métodos de transporte de materias primas que se adaptan a las condiciones y restricciones definidas. • Definir el controlador del sistema de producción automatizado. • Determinación de una manera apropiada para automatizar el área en estudio.

Figura 23. Investigación

3.1. Determinación de restricciones

Para elaborar un diseño que se adapte a las condiciones y necesidades de la empresa, se deben conocer inicialmente las restricciones presentes. Ante esto, se determinan tres categorías de restricciones: espacio físico, propiedades físicas y otras consideraciones de las materias primas y restricciones por proceso. Tales categorías se desarrollan a continuación.

3.1.1. Restricciones de espacio físico

El área de trabajo disponible se encuentra ubicada dentro del andén de producción de Cobesa, donde está la bodega de materias primas menores y la maquinaria de producción, aparte de las oficinas. Entre las

limitantes de espacio físico se tiene el área de trabajo disponible, que es de 12,3 m por 14,9 m, y la altura de las estructuras del techo, que no permite la utilización de un montacargas de mayor capacidad al actual (3 Ton y 4,7 m de altura de la torre). Además, se cuenta con una cadena de arrastre que transporta la materia prima en estudio hasta el siguiente proceso, la cual se pretende conservar, pues funciona de manera adecuada, de manera que los nuevos equipos deben adaptarse a esta, al ubicar todas las partes del diseño propuesto.

3.1.2. Restricciones por materia prima

Entre las variables por considerar para el diseño de la automatización del sector en estudio, se encuentran: densidad, compactibilidad, ángulo de caída y coeficiente de arrastre de las materias primas. Todos estos aspectos se pueden considerar como restricciones, pues el diseño se debe realizar de forma tal que se adapte a estas condiciones.

La densidad de las materias primas determina el volumen de las tolvas de producción en función del peso máximo soportado por la báscula, el cual a su vez está en función de la tolerancia máxima aceptada para el proceso. Dicha tolerancia se determina en 0,2 kg, debido a las cantidades de materia prima que se debe dosificar; el mercado ofrece para dicha tolerancia, básculas de 1 000 kg, por lo que se determina este peso como el máximo que deben contener las tolvas de producción. Debido a esto y a las distintas densidades de los materiales, cada tolva tiene dimensiones distintas, y se deben acomodar de forma tal que se aproveche el espacio disponible de la mejor manera posible.

Dada la compactibilidad de algunas materias primas, se hace necesaria la presencia de dispositivos que faciliten la salida del material hacia la cadena de arrastre, tales como pulsadores de aire que faciliten la caída del material. Esta es una tecnología utilizada en las tolvas del sector automatizado, por lo que se asegura que es un sistema funcional y se adapta a la automatización existente.

El tema de la compactibilidad es un tema importante únicamente para el caso del calcio, que tiene tendencia a apelmazarse, por lo que esta tolva debe tener consideraciones distintas; entre ellas, un tamaño diferente, que almacene menos de 500 kg; esto junto a los pulsadores de aire, evita que el material se apelmace y se dosifique de manera fluida. Sin embargo, el sistema de pulsadores de aire se consideró para todos los materiales, con el fin de asegurar una dosificación fluida y sin ningún inconveniente.

El ángulo de caída es distinto para cada material y se determina únicamente con pruebas de campo, en las que se calcula el ángulo de caída mediante pruebas en las que se vierte el material en un terreno plano y se mide el ángulo que genera. Al realizar este experimento con un fundamento estadístico apropiado, se determina que todos tienen un ángulo de caída inferior a 50 grados; sin embargo, con el fin de asegurar una dosificación apropiada, se utilizan ángulos de caída de 65 grados en todos los casos.

El coeficiente de arrastre propio de cada material afecta la capacidad del tornillo sinfín de arrastrar el material en el interior de la canoa, y se utiliza para calcular la potencia de los motores de cada uno de los tornillos sinfín y obtener los caballos de fuerza mínimos que debe generar cada motor para llevar a cabo la actividad.

En resumen, estas son las variables por considerar de cada materia prima:

Tabla 13. Variables por considerar, por materia prima

Materia prima	Densidad (g/L)	Ángulo de caída	Coefficiente de relleno	Consideraciones
H. pluma	300 - 500	35	0,32	
H. carne	500 - 700	37	0,32	
Fosfato	900 – 1 000	25	0,32	
Calcio	1 350 – 1 620	45	0,32	Apelmazable
Reproceso	598	30	0,32	

3.1.3. Restricciones por proceso

Cobesa ha realizado automatizaciones en la planta de producción buscando tener un proceso más eficiente y con menos costos; hasta el momento, alrededor del 80 % de la planta se encuentra automatizada o semiautomatizada. Los procesos se han adaptado a estos cambios, por lo que al diseñar la automatización se deben considerar estas adaptaciones.

Como se ha mencionado, este diseño abarca toda el área de materias primas menores, por lo que se debe elaborar una automatización que se ajuste a todos los sistemas ya consolidados, así como lo está ya el proceso actual. Entre ellos, el sistema de transporte del área de materias primas menores al área de mezclado, pues es una estructura robusta que consolida toda la materia prima necesaria para un bache de producción.

Sumado a esto, el proceso actual está elaborado para que la cadena de transportación se active hasta que se hayan agregado todos los componentes de las materias primas menores; en este momento, un botón activa el sistema de transporte. Esta lógica de funcionamiento debe mantenerse, pues las materias no pueden llegar a la mezcladora de manera aislada, sino que deben ir todas juntas en la cadena.

Otro aspecto por considerar es que existe un área anterior llamada área de aditivos, en donde se realizan empaques con los aditivos necesarios para cada bache y también empaques con la sal precisada por bache. Este proceso se mantendrá igual, por lo que se debe ajustar el sistema propuesto para que permita continuar trabajando con estos empaques.

3.2. Investigación de equipo

Conociendo las restricciones de espacio, materiales y procesos, se prosigue con la investigación del equipo requerido con las opciones que brinda el mercado para el almacenamiento y transporte. Primero, se investiga acerca del material del que debe estar construida cada una de las partes, con respecto a su función. De seguido, se elige entre los modelos existentes, aquel que se ajuste a la necesidad creada por las restricciones e investigación.

Con base en la investigación realizada, así como su respectivo estudio comparativo, el equipo de trabajo definió que la mejor manera de realizar el diseño del área en estudio es mediante la utilización de dos tolvas por material: una tolva sobre la cadena de arrastre (de ahora en adelante conocida como tolva de producción), encargada de dosificar la cantidad de material necesaria por bache; y una tolva encargada de

almacenar materia prima (conocida como la tolva de alimentación) y recargar la tolva de producción. Además, un sistema de transporte que las conecte y las llene cada cierto tiempo. Por otro lado, teniendo presente que no todos los materiales se automatizarán, también es preciso rediseñar las actividades manuales, asegurando el cumplimiento de los principios básicos de ergonomía.

Para abordar de una manera más comprensible la investigación del equipo, se abarca cada una de las partes que comprenden el sistema automatizado del área de materia de prima menores:

- Tolvas de alimentación: elaboradas de acero inoxidable, debido a que este material presenta un nivel de fricción bajo, ideal para el almacenaje de materiales que presentan características de compresión o densidad alta. El tamaño de las tolvas está limitado por el espacio disponible en el lugar, así como la cantidad de ciclos que deben alimentar. También deben cumplir con la restricción de altura, para que sean alimentadas por el montacargas existente.
- Tolva de producción: elaboradas de acero inoxidable, debido a que debe almacenar los mismos materiales que las tolvas de alimentación; deben cumplir con la restricción de la balanza por pérdida de peso, por lo tanto, el tamaño es menor que el de las tolvas de alimentación.
- Tornillo sinfín: este equipo se divide en dos partes, la primera es el tornillo helicoidal, el cual está elaborado de hierro y no de acero inoxidable, ya que el hierro negro es un material que puede estar en contacto con las materias primas sin afectar la inocuidad del producto terminado. Y la segunda parte del tornillo es la carcasa, elaborada de láminas de metal de acero inoxidable, porque posee una menor adherencia de la suciedad y agentes externos, rápida limpieza y mínimo mantenimiento. El tamaño del tornillo y altura son proporcionales al requerimiento de llenado de la tolva de producción, esto con base en el flujo de salida que puede brindar el tornillo.
- Sensores capacitivos: García (2019) recomendó los sensores capacitivos, pues tienen muy buena adaptación a los entornos industriales, y son adecuados para la detección de materiales polvorientos o granulados, que son las materias primas manejadas.
- Básculas de pérdida de peso: se debió analizar la relación directa que poseen con las tolvas de producción y la cantidad de baches diarios que produce la compañía Cobesa, sin dejar de lado la precisión que se buscaba al dispensar las materias primas, combinada con el costo del equipo, en tanto a mayor pesaje, mayor tolerancia, para un equipo tradicional; si se requiere un mayor pesaje y una tolerancia menor de un equipo tradicional, el costo del equipo aumenta. Se dialogó con la empresa acerca de la precisión y el valor que estarían dispuestos a pagar por ella, y se decidió que la tolerancia que estarían dispuestos a tener era de 0,2 kg, por lo que se busca entre los diferentes equipos y capacidades de pesaje y se elige una balanza de 1 200 kg, a partir de lo cual esto se convierte en una restricción para la tolva de producción.
- Elevadores de cangilones o guacales: tras definir el tornillo sinfín como método de transporte, se agregó los elevadores de guacales, dado que existe una restricción de espacio, la cual era uno de los mayores problemas al automatizar, por el tamaño de los equipos y el espacio disponible. El equipo se elige con base en el flujo de material que debe alimentar el tornillo sinfín, ya que la capacidad del elevador debe ser mayor a la del tornillo, pues de otra forma, se estaría desperdiciando material en el fondo del elevador, y se generaría un cuello de botella de manera

ineficiente, contrario a si el elevador tiene mayor capacidad y puede transportar todo el material movido por el tornillo.

- Motores de elevador y tornillo sinfín: los motores y su potencia fueron dados según la necesidad de peso y fuerza del equipo, mediante investigación y tras consultarlo con el Departamento de Mantenimiento, se seleccionan dos tipos de motor: de 1,5 Hp y de 3 Hp, los primeros para los tornillos sinfín y los segundos, para los elevadores de guacales.
- Pulsadores de aire: se investigan métodos para evitar que la materia prima se atasque en los bajantes de las tolvas y se determina que uno útil y accesible es la utilización de pulsadores de aire comprimido para facilitar el flujo de materia la prima, debido a que evita que el material se apelmace. Otro aspecto que confirma su funcionalidad es que se utiliza en las tolvas ya automatizadas.
- Tarimas hidráulicas: aunque la intención del proyecto es automatizar el área en estudio, hay actividades que, por su naturaleza, no pueden ser automatizadas, o no vale la pena invertir en su automatización, por lo que se mantienen manuales y realizadas por un colaborador. Sin embargo, las actividades no se pueden dejar tal cual están, debido a que no cumplen con los principios básicos de ergonomía, así que mediante una investigación de formas de mover o elevar producto que fuera más pesado de 20 kg, se dio con las tarimas hidráulicas, para tener un área de trabajo ergonómico y agilizar los procesos. Se cuenta con dos de ellas: una de tamaño simple, la cual tiene la capacidad de levantar 1 000 kg, y una de tamaño doble, la cual puede levantar 3 000 kg. Mediante estas tarimas, el operario puede modificar la altura de la carga, con el fin de que no implique ningún riesgo para su salud al movilizar el material.
- Mesa de rodillos: cumple con la necesidad de mover o trasladar la materia prima levantada por las tarimas hidráulicas, y funge como una línea de ayuda al colaborador que traslada estos materiales hasta el bajante del área manual.

3.3. *Estudio comparativo*

Tras realizar la investigación de todas las restricciones que se presentaban y el equipo apropiado para el área en estudio, se confirmó que se estaba haciendo un trabajo correcto, mediante la comparación con otras áreas de la empresa o con empresas del mismo sector que contaban con automatización.

Con base en esto, el grupo de trabajo decidió efectuar dos tipos de estudios comparativos:

- Estudio comparativo interno: *“se comparan las diferentes áreas de la empresa, con el fin de aprovechar los avances o perfeccionamientos logrados en algunas de ellas en beneficio de las demás (Diaz de Santos, 1997)”*.

Como estudio comparativo interno, el equipo de trabajo analizó la automatización existente en otros sectores de la empresa; lo que se buscó fue elaborar un diseño automatizado lo más similar al existente, de forma que se vea como un complemento al actual.

De igual manera, se profundizó en las oportunidades de mejora que tiene el diseño actual, con el fin de realizar uno lo más robusto posible, buscando incluir todo lo bueno del existente, y mejorarlo con la tecnología y análisis que se puedan incluir.

Se encontraron dos principales oportunidades de mejora:

- Ángulos de caída
- Materiales de las tolvas

Por otro lado, se determinaron aspectos por tomar en consideración:

- Sistema de inyección de aire para evitar aglomeraciones
- Sistemas de transporte
- *Benchmarking* externo: “se comparan los productos, servicios y actividades de la empresa con los de los competidores, con el fin de determinar en qué elementos los competidores son mejores (Díaz de Santos, 1997)”.

Para este tipo de estudio comparativo, el grupo de trabajo investigó empresas del mismo sector que Cobesa, dentro o fuera del país, ya que se buscaba una comparación de tecnología, que permitiera elaborar un diseño de la manera más moderna posible.

Con base en esto, se utilizó como referencia la planta de Concentrados AVICOL, ubicada en Colombia, desarrollada por la empresa Metalteco y considerada la planta más automatizada y moderna, por lo que funciona como un estudio comparativo adecuado para obtener el mejor diseño posible.

Al investigar se verificó que se estuvieran considerando los equipos apropiados y se determinó que la mejor manera de trabajar este diseño es mediante dosificadores por pérdida de peso, lo que permitiría obtener mayor precisión en la cantidad de material suministrado por bache.

4. Etapa 2: Diseño del sistema automatizado de alimentación de materias primas menores

Conociendo de mejor manera las restricciones y condiciones del área en estudio, además de los sistemas utilizados en las automatizaciones en el sector de alimentación animal, el equipo de trabajo procedió con la elaboración de un diseño que tome los mejores aspectos de cada opción y que se adapte a las necesidades del área en estudio (Figura 24).

Etapas	Objetivos	Actividades	Herramientas	Resultado
<p>Diseño del sistema automatizado de alimentación de materias primas</p>	<p>Diseñar un sistema de alimentación automatizado con base en las investigaciones realizadas, acorde a las condiciones y restricciones del sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Definir las materias primas cuyo proceso debe ser automatizado o mejorado, tomando en consideración los principios ergonómicos. Diseño y selección de los dosificadores adecuados para el sistema de automatización que se adapte a las restricciones del proceso. Diseño de tolvas de producción que se adapten a las restricciones de espacio, de las materias primas y del dosificador seleccionado. Diseño de tolvas de alimentación que permitan un balance de operaciones adecuado en el proceso de alimentación de materias primas menores. Diseño de sistema de transporte de materias primas que se adapte a las restricciones definidas anteriormente. Definición de punto de reorden de tolva de producción y tolva de alimentación. Selección del método de comunicación del punto de reorden que se adapten a las necesidades del sistema. Rediseño de procesos manuales, tomando en consideración principios ergonómicos. Colocación de tolvas de alimentación y producción con base en las restricciones definidas. Simulaciones de todo el sistema con el fin de ajustar tamaños de tolvas y flujos de material. Definición de la lógica del controlador del sistema automatizado de alimentación de materias primas menores. Comprobación de cumplimiento con base en los requerimientos planteados en el objetivo general. 	<ul style="list-style-type: none"> Matriz multicriterio Investigación, estudio de flujos. Investigación, cálculo estructural de tolvas, cálculo de vaciado. Investigación, estudio de flujos, estudio de tiempos. Investigación, estudio de flujos, estudio de tiempos, cálculo de transporte de tornillo sinfin y cálculo de transporte de elevador de cangilones Estudio de flujos y estudio de tiempos. Investigación, estudio de tiempos, matriz multicriterio. Estudio de tiempos y movimientos Estudio de popularidad y estudio de flujos. Estudio de tiempos, estudio de flujos. Diagrama de escalera. Evaluación ergonómica, estudio de capacidad 	<ul style="list-style-type: none"> Determinación de qué procesos deben ser automatizados o continúan siendo procesos manuales. Determinación de los dosificadores que se adapten a las necesidades del sistema de producción. Diseño y dimensiones de tolvas de producción que se adapten a las restricciones establecidas. Diseño de tolvas de alimentación que se adapten al proceso de producción de materias primas menores. Diseño de un método de transporte adecuado que conecte la tolva de producción y la de alimentación. Punto de reorden de las tolvas de producción y de alimentación. Sensores para el punto de reorden. Diseño de procesos manuales que cumplen con los principios básicos de ergonomía. Ubicación de las tolvas y procesos manuales en el área disponible. Línea de producción balanceada, con base en los tamaños de tolvas y flujos de material. Lógica que seguirá el controlador del sistema automatizado diseñado. Asegurar que el diseño realizado cumple con las políticas de ergonomía y aumenta la capacidad de producción de la planta.

Figura 24. Caracterización de procesos

4.1. Selección de materias primas por automatizar

Antes de realizar el diseño automatizado, es importante comprender si es necesario automatizar todas las materias primas del sector de plataforma, o resulta más conveniente ejecutar una automatización que implique solo aquellas que presentan mayores problemas para la organización en temas de ergonomía o tiempo de procesamiento.

Para esto, se elabora una matriz multicriterio, en la cual se consideran cuatro atributos para cada materia prima:

- Factibilidad de automatización: se analizan las restricciones presentadas.
- Necesidad del proceso: se evalúa si la automatización implica una mejora considerable para la línea productiva.

- Propiedades físicas: con base en las propiedades físicas de los materiales, se determina si es factible realizar una automatización.
- Interés de la gerencia: es indispensable considerar el interés de la gerencia, a partir de sus planes de mejora.

Cada una de estas variables tiene un “peso” al realizar la evaluación; por ejemplo, es mucho más relevante la necesidad del proceso que las propiedades físicas, pues si las propiedades físicas no permiten una automatización, pero esto es muy necesario para el proceso, se debe realizar un diseño distinto, que mejore la situación actual.

Con respecto a la evaluación, se califica con notas de 1 a 5, siendo 1 nada importante y 5 muy importante. Al evaluarlo, todas las materias primas que tengan una evaluación igual o mayor a 4, deben ser consideradas para automatizar. Con base en esto, se cuenta con los siguientes resultados (Tabla 14).

Tabla 14. Matriz multicriterio

Atributos por considerar	Peso	Materiales							
		Harina de pluma	Harina de carne	Calcio	Fosfato	Reproceso (finos)	Núcleo	Sales	Aditivos
Factibilidad de automatización	25 %	5	5	4	5	4	3	5	1
Necesidad del proceso	35 %	5	5	5	5	4	3	3	2
Propiedades físicas	10 %	4	3	2	5	4	4	5	4
Interés de la gerencia	30 %	5	5	5	5	5	1	3	1
Valoración		4,9	4,8	4,45	5	4,3	2,5	3,7	1,65

Con base en los resultados obtenidos, es necesario automatizar las materias primas: harina de pluma, harina de carne, calcio, fosfato y reproceso. Al analizar las evaluaciones, esto obedece a que estas cinco materias primas obtuvieron calificaciones altas en las dos variables con mayor peso: necesidad del proceso e interés de la gerencia.

Conviene recalcar que, aunque el núcleo, las sales y los aditivos no resultaron con calificaciones suficientes para ser automatizados, sí se debe rediseñar el proceso, pues tienen deficiencias en cuanto a los principios básicos de ergonomía, como se detalló en secciones anteriores.

4.2. Diseño de línea de producción automatizada

Tomando en consideración los resultados obtenidos con la matriz multicriterio, así como las restricciones definidas en cuanto al espacio, proceso, maquinaria y materiales, se diseña una línea de producción que cumpla con los pilares del proyecto: principios básicos de ergonomía y aumento en la capacidad de producción.

La intención de este sistema es que se complemente con la automatización que existe, por lo que debe adaptarse y ajustarse a las automatizaciones actuales. Con base en esto, se mantiene la cadena de transporte que conecta el sector de alimentación de materias primas menores con la alimentación de materias primas mayores. Se colocan las cinco tolvas definidas en la matriz multicriterio sobre esta cadena de transporte. Como se ha mencionado, estas tolvas (de ahora en adelante, tolvas de producción) están conectadas a unos dosificadores con balanzas por pérdida de peso, por lo que tienen un peso máximo de 1 200 kg. Otro aspecto por tomar en cuenta es el hecho de que el calcio, por ser el material más apelmazable, debe tener consideraciones distintas, por ejemplo, la tolva no puede almacenar más de 500 kg, con el fin de que el material no se apelmace por el peso que soporta. Las siguientes son las dimensiones de las tolvas de producción (Tabla 15).

Tabla 15. Dimensiones de tolvas de producción

Tolvas	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Cantidad de material (kg)
Tolva pluma	1	1	1	678
Tolva harina carne	1	1	1	950
Tolva calcio	0,5	0,5	1	477
Tolva fosfato	1	1	0,8	1 157
Tolva reproceso	1	1	1	811

Es importante mencionar que la tolva de producción tiene un cono conectado a un bajante; al determinar los ángulos del cono fueron necesarias pruebas de campo con cada material para determinar el ángulo de caída, el cual es el ángulo que genera el material al caer completamente perpendicular al suelo; este ángulo de caída funciona como referencia para determinar el ángulo que debe tener el cono para que el material baje de forma natural, sin apelmazarse ni atorarse en las esquinas (Ravenet, 1992). Para esto, se realizó un muestreo con el fin de determinar el ángulo de caída de cada material. Tras realizar estas pruebas, se definió que todos los materiales tenían ángulos de caída inferiores a 45 grados, que era el de mayor ángulo de caída (el calcio). Aun así, el equipo de trabajo decidió colocar un ángulo de caída de 65 grados, con el fin de asegurar una caída aún más fluida, y disminuir el riesgo de que el material se atore.

Además de esta consideración, y como se mencionó en secciones anteriores, el material utilizado en estas tolvas es acero inoxidable, dado que facilita la caída de los materiales, además de que es más resistente y asegura la inocuidad de las materias primas. Otra consideración para asegurar que efectivamente no se va a apelmazar el material, es emplear pulsadores de aire dentro de las tolvas; estos sistemas inyectan aire comprimido dentro de las tolvas cada cierto tiempo, lo que asegura que el material no apelmace y baje de manera más fluida al dosificador.

Para visualizar la propuesta se realizó un diseño 3D, colocando las tolvas de producción sobre la cadena de transporte, que conecta el área de alimentación de materias primas menores con el resto de la línea productiva (Figura 25).



Figura 25. Tolvas de producción

Por otro lado, debido a esta limitante de peso, y a que esta cantidad de material no cubre el suficiente tiempo sin ser recargada nuevamente, el equipo de trabajo define que lo ideal es colocar una tolva secundaria conectada a la tolva de producción. Esta tolva secundaria (conocida de ahora en adelante como tolva de alimentación) es de un volumen mucho mayor, por lo que alarga el tiempo operativo del sistema de una manera considerable y ajustada a las necesidades. Esta tolva tiene la limitante de que no puede medir más de 2 m de altura, pues, considerando la altura de las sacas más las agarraderas estiradas, el montacargas no alcanza más de 5 m de altura. Tomando estos aspectos en consideración, se definió el tamaño de cada tolva con base en la cantidad de tiempo que debe tardar cada tolva en vaciarse, con el fin de que sea una secuencia lineal, y no que las tolvas se vacíen al mismo tiempo. Así, los tamaños de las tolvas quedaron de la siguiente manera (Tabla 16).

Tabla 16. Dimensiones de las tolvas de alimentación

Tolvas	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Cantidad de material (kg)
Tolva pluma	2,00	2,00	2,00	4 000
Tolva harina carne	1,75	2,00	2,00	4 900
Tolva calcio	1,50	1,50	1,00	3 645

Tabla 16. Dimensiones de las tolvas de alimentación (continuación)

Tolvas	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Cantidad de material (kg)
Tolva fosfato	1,50	1,75	2,00	5 250
Tolva reproceso	1,50	1,50	1,50	2 100

Con respecto al cono de la tolva de alimentación, debido a que el material no debe ser dosificado, sino que debe ser movido por el tornillo sinfín, las tolvas no cuentan con un cono, sino con una estructura que se adapta al tornillo y permite la salida de material a medida que el tornillo se active y mueva el material que cae sobre sus hélices.

De igual manera, el diseño de las tolvas de alimentación queda más claro si se observa en el diseño 3D realizado por el equipo de trabajo (Figura 26):



Figura 26. Tolvas de alimentación

Como se mencionó, la tolva de alimentación está conectada a la tolva de producción por un sistema de transporte, compuesto por un tornillo sinfín y un elevador de guacales (o canguilones). Se seleccionó este método de transporte debido a que es el que aprovecha de mejor manera el espacio disponible, además de transportar de forma más eficiente el material, a diferencia de solamente un tornillo sinfín con un grado de inclinación alto. Este sistema se explicará en la próxima sección. Es preciso visualizar el sistema de transporte, de manera que se tenga claro el recorrido que realiza el material entre ambas tolvas (Figura 27):

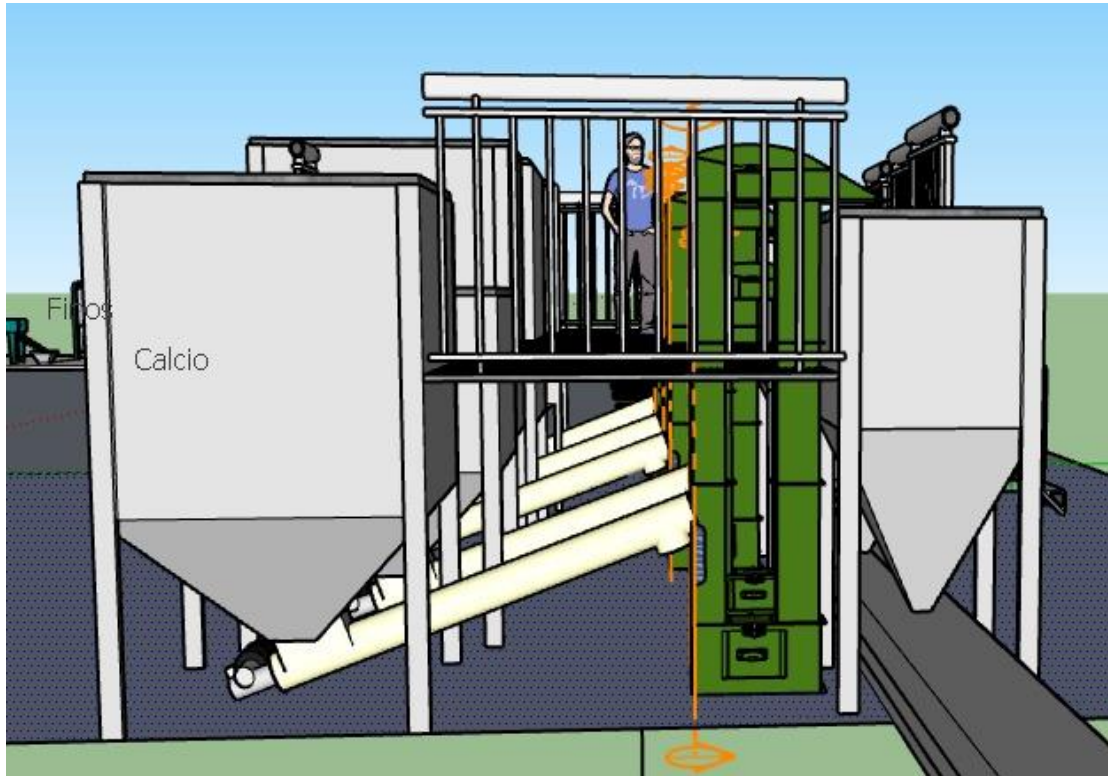


Figura 27. Sistema de transporte

Con el sistema desarrollado, conviene comprender entonces el sistema como un todo; lo que importa es la cobertura que se tenga tomando en consideración ambas tolvas y el tiempo de transporte de material entre una tolva y otra. Con base en esto, y a modo resumen, esta es la cantidad de material y tiempo de cobertura para cada material:

Tabla 17. Capacidad del sistema

Material	Capacidad tolva alimentación (kg)	Capacidad tolva producción (kg)	Cantidad de baches	Tiempo de procesamiento (h)
H. pluma	4 000	678	84	03:10
H. carne	4 900	950	104	04:00
Reproceso	2 018	811	51	07:32
Calcio	3 645	477	74	09:16
Fosfato	5 250	1 157	114	05:38

Cada material tiene una capacidad de forma tal que, a lo largo del día, no se vacíen dos materiales al mismo tiempo, para que el montacarguista pueda rellenar todas las tolvas con suficiente tiempo entre sí. Al final del día, el montacarguista debe llenar nuevamente todas las tolvas de alimentación.

Definida la necesidad de una tolva de alimentación, las dimensiones de las tolvas y el sistema de transporte de material entre tolvas, es necesario acotar que el acomodo de estas se hizo con base en la "popularidad" de los materiales; es decir, aquellos materiales cuyas tolvas deben ser recargadas más veces se encuentran

más cerca de la zona de almacenamiento de materiales. La cantidad de recargas por material (y por ende el orden dentro de la planta) es la siguiente (Figura 28):

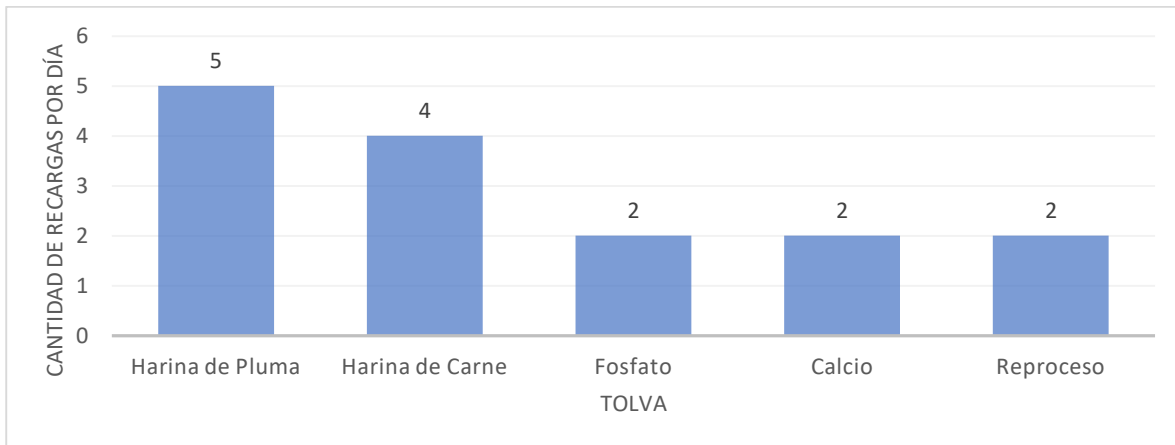


Figura 28. Estudio de popularidad

Por otro lado, como se observó en las imágenes colocadas, existe un callejón entre las tolvas de alimentación y las tolvas de producción, dado que, al recargar la tolva de alimentación, el montacarguista colocará la saca de materia prima sobre la tolva de alimentación, pero necesita ayuda de un operario para que esta abra la saca por debajo y el material pueda caer a la tolva. Este proceso consiste solo en quitar un nudo que traen estas sacas, por lo que no genera ningún riesgo para el operario encargado de esta responsabilidad. Todas las tolvas tienen una barrera en la parte superior, por aspectos de seguridad, para que no exista la posibilidad de que algún operario se caiga dentro de estas, en ninguna circunstancia.

Se ha analizado los cinco materiales que se automatizaron; sin embargo, para las materias primas que según la matriz multicriterio quedaron excluidas de la automatización (núcleo, sales y aditivos), se realiza un rediseño del proceso manual que cumpla con las políticas ergonómicas de la empresa. Esto porque el diseño actual incluye actividades que ponen en riesgo la salud de los operarios, según las herramientas de evaluación de ergonomía utilizadas.

Inicialmente, los aditivos son preparados en la zona de aditivos, un área aparte de la zona en estudio. Cuando estos aditivos están listos, se colocan en bolsas (una bolsa por bache), y estas bolsas se ubican en tarimas, las cuales son transportadas por el montacarguista. Esto se mantiene de la misma manera que en la actualidad; sin embargo, en el área de trabajo se colocará una tarima hidráulica a la cual se le puede modificar la altura, de forma que el operario en ningún momento deba agacharse, sino que siempre tome la bolsa a una altura ergonómicamente correcta (brazos a 90 grados).

Con respecto a la sal, el funcionamiento es prácticamente igual, en el área de aditivos se coloca en bolsas la cantidad de sal necesaria para cada bache y estas bolsas se colocan en tarimas, las cuales serán trasladadas por el montacargas. Como la lógica es la misma, y en ambos casos se consume una bolsa por bache, tanto las sales como los aditivos compartirán una tarima hidráulica doble, con el fin de aprovechar de mejor manera el espacio disponible.

Para lo que es el núcleo, este material se recibe por parte del proveedor en sacos de 20 kg, y se debe agregar un saco por cada bache. Ante esto, se debió realizar un sistema distinto, pues actualmente se bajan los sacos de las tarimas y sin importar la altura a la que se encuentren, se abren con herramientas apropiadas y se vierten sobre el bajante, lo que implica muchas actividades ergonómicamente incorrectas. El sistema diseñado consiste inicialmente de una tarima hidráulica para tomar el saco siempre a una altura ergonómicamente correcta, y colocarlo sobre una mesa con rodillos, la cual permite el traslado del saco sin ningún esfuerzo por parte del operario, hasta las proximidades del bajante, donde la persona encargada debe abrir el saco y verterlo dentro del bajante del área de actividades manuales; tras verter el contenido en el bajante, el saco se deposita en un recipiente con rodines que se encuentra al lado, el cual será movido para retirar todos los sacos y manejarlos adecuadamente. A continuación, se muestra una imagen en la que se puede observar claramente el diseño propuesto para esta área (Figura 29):

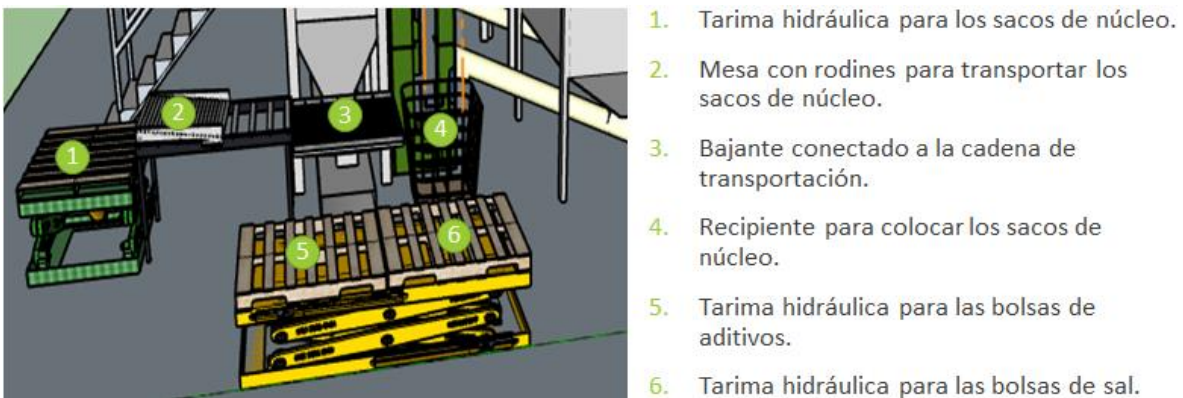


Figura 29. Actividades manuales

Al igual que las tolvas de producción, el bajante de esta área se encuentra sobre la cadena de transporte, por lo que todas las materias primas menores se transportan de la misma manera. Por otro lado, como parte del proceso, todas las materias primas menores deben llegar a la mezcladora juntas, por lo que la cadena se debe activar hasta que todas las materias primas hayan sido vertidas dentro de los bajantes; con el fin de asegurar que esto funciona así, el área de actividades manuales tendrá un botón para activar la cadena de arrastre, el operario será el responsable de activarla en el momento cuando termina de cargar las tres materias primas manuales.

4.3. Diseño de alimentación de la línea de producción

Comprendiendo la necesidad de una tolva de alimentación secundaria para darle mayor independencia al sistema, se debe considerar también un método de transporte apropiado que conecte la tolva de alimentación secundaria a la tolva de producción.

Debe analizarse que se tiene una restricción de espacio físico que impide que las tolvas se encuentren muy alejadas, además de que el traslado de material entre tolvas no debe tardar mucho tiempo, pues influiría en el correcto funcionamiento de la tolva de producción y volvería el sistema menos eficiente.

Con base en esto, se decide utilizar un sistema de transporte compuesto por un tornillo sinfín y un elevador de cangilones, de forma que se aproveche de mejor manera el espacio disponible y el flujo de material sea

adecuado y rápido, permitiendo tener puntos de reorden mejor ajustados, y un balance de líneas más apropiado.

Para seleccionar este sistema fue necesario comprender los componentes de cada etapa y la manera en la que traslada el material cada parte, y fue preciso formular ecuaciones que permitieran comprender el flujo entre las partes. A continuación, se presenta una imagen en la que se indican las fórmulas mencionadas (Figura 30):

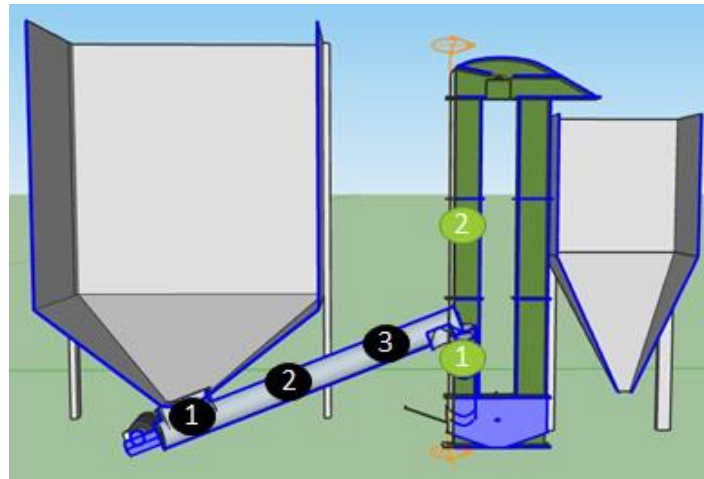


Figura 30. Sistema de transporte

Como se muestra en la Figura 30, este sistema conecta la tolva de alimentación mediante el tornillo sinfín, el cual se encarga de sacar el material de la tolva y transportarlo hasta el elevador de cangilones, con la entrada a 20 cm de altura; de esta manera, el elevador de cangilones sube el material hasta los 3,1 m para que caiga de forma adecuada en la tolva de producción.

En procura de que esto funcione de manera adecuada, el flujo de material que transporta el tornillo debe ser ligeramente menor al del elevador de cangilones, para que no se deposite material en el fondo del elevador de cangilones, generando un desperdicio en el sistema de transporte. Es importante entonces comprender el flujo de cada etapa mediante las siguientes fórmulas (Figura 31):

Tornillo sinfín

- | | | |
|----------|-----------------------------|---|
| 1 | Área de relleno del canalón | $S = \lambda \cdot \frac{\rho \cdot D^2}{4}$ |
| 2 | Velocidad de desplazamiento | $V = \frac{\rho \cdot n}{60}$ |
| 3 | Flujo de material | $Q = 3600 \cdot S \cdot V \cdot i \cdot \rho$ |

Figura 31. Fórmula de tornillo sinfín

Donde:

- S: área de relleno
- λ : coeficiente de relleno
- ρ : Densidad del material (t/m³)
- D: diámetro del canalón (m)
- n: velocidad de giro (rpm)
- V: velocidad de desplazamiento (m/s)
- i: coeficiente de disminución por inclinación

(Miravete, 1998)

Elevador de cangilones

1 **Peso de la carga** $G \text{ (kg)} = i \cdot \gamma \cdot \varphi$

2 **Flujo de material** $Q \text{ (ton por hora)} = 3,6 \cdot \frac{G}{t} \cdot v$

Figura 32. Formula de elevador de cangilones

Donde:

- G: peso de la carga (kg)
- i: volumen del cangilón (l)
- γ : peso a granel de la carga (kg/l)
- ω : coeficiente de relleno
- Q: flujo de material
- t: colocación de cangilones (m)
- v: velocidad (m/s)

(Miravete, 1998)

Cada una de las fórmulas responde al número que se encuentra colocado en la imagen del sistema de transporte; lo más importante al ejecutar este sistema, es que los flujos sean adecuados con respecto a la cantidad de material.

Para cada material se utilizaron distintos valores, con el fin de que el balance de línea fuera adecuado y se cumpliera con que el flujo mayor fuera el del elevador de cangilones (Tabla 18).

Tabla 18. Flujos de material del sistema de transporte

Flujo de traslado desde la tolva de alimentación hasta la tolva de producción en kg/s		
Tolva	Tornillo	Elevador
Pluma	2,00	2,50
H. Carne	2,80	3,49
Calcio	1,92	2,97
Fosfato	4,00	4,99
Reproceso	2,37	2,69

Como se observa en la Tabla 18, en todos los casos se cumple que el flujo de material del elevador de cangilones sea mayor que el flujo del tornillo, sin embargo, la diferencia entre ambos es lo suficientemente pequeña, de manera que se tiene un sistema que funciona y no desperdicia capacidad ni recursos. Si la diferencia entre ambos fuera mayor, se estaría desperdiciando capacidad por parte de alguna de las partes del sistema de transporte, por lo que también se debió encontrar un balance adecuado.

4.4. Definición de puntos de reorden y métodos de control

Los puntos de reorden se definieron con base en los tiempos de vaciado de las tolvas de alimentación, considerando la tasa de consumo de materia prima del sistema y los tiempos de llenado; además, la cantidad de sacas por utilizar para rellenar deben ser unidades completas para evitar rebales de material o el traslado y manipulación de sacas incompletas. Se definen de manera que la línea de producción no se detenga por falta de material. Sumado a esto, se considera el tamaño definido para cada tolva, tanto la de alimentación como la de producción; con el fin de asegurar que las tolvas no se descarguen al mismo tiempo; sino que se descarguen con una diferencia de tiempo tal que le permita al montacarguista llevar las tolvas de materiales con tiempo suficiente. También hay que considerar el hecho de que este operario debe realizar operaciones en otros sectores de la planta. Mediante una simulación de operaciones, se determina que las tolvas se descargan de la siguiente manera (Tabla 19):

Tabla 19. Descarga de tolvas

Inicio	Alimentación	Final
05:00 a.m.	<i>Set Up</i>	05:10 a.m.
05:10 a.m.		05:30 a.m.
05:30 a.m.	Inicia la producción	
06:00 a.m.		07:00 a.m.

Tabla 19. Descarga de tolvas (continuación)

Inicio	Alimentación	Final
07:00 a.m.		08:00 a.m.
08:00 a.m.	<i>Set Up</i>	08:10 a.m.
08:10 a.m.	H. pluma	08:45 a.m.
09:00 a.m.	H. carne	09:30 a.m.
09:30 a.m.		10:05 a.m.
10:05 a.m.	<i>Set Up</i>	10:15 a.m.
10:15 a.m.		11:10 a.m.
11:10 a.m.	Fosfato	11:25 a.m.
11:30 a.m.	H. pluma	12:05 a.m.
12:05 a.m.		12:50 p.m.
12:50 p.m.	Reproceso	01:05 p.m.
01:05 p.m.	H. carne	01:35 p.m.
01:35 p.m.	<i>Set Up</i>	01:45 p.m.
01:45 p.m.		02:25 p.m.
02:25 p.m.	Calcio	02:45 p.m.
02:50 p.m.	H. pluma	03:25 p.m.
03:25 p.m.		04:00 p.m.
04:00 p.m.		05:05 p.m.
05:05 p.m.	H. carne	05:15 p.m.
05:15 p.m.	Fosfato	05:20 p.m.
05:20 p.m.	H. carne	05:40 p.m.
05:40 p.m.	Fosfato	05:50 p.m.
05:50 p.m.	Reproceso	06:00 p.m.
06:00 p.m.	Calcio	06:10 p.m.
06:10 p.m.	H. pluma	06:45 p.m.
06:45 p.m.	H. carne	07:00 p.m.
07:00 p.m.	Se detiene la producción.	

Por otro lado, y como se muestra en la Tabla 19, después de las 5:00 p.m. se recargarán todas las tolvas de alimentación, de manera que, al iniciar las producciones, al día siguiente, todas las tolvas se encuentren cargadas y se pueda empezar desde el inicio de las operaciones.

Se definió que los puntos de reorden en las tolvas de producción se activan al llegar a un peso mínimo, con esta activación, se enciende el tornillo sinfín, el cual toma el material directamente desde la tolva de alimentación y lo traslada al elevador de guacales, que se encendió al mismo tiempo que el tornillo sinfín, y traslada el material a la tolva de producción.

Este punto de reorden permite mantener una reserva para que la línea siga en funcionamiento mientras se recarga la tolva de producción; es decir, el punto de reorden de la tolva de producción se encuentra a un nivel tal que quede suficiente materia prima para que el sistema siga funcionando por un periodo apropiado, y se pueda cubrir cualquier eventualidad en el tiempo de recarga.

Por otra parte, las tolvas de alimentación tienen sensores para determinar un mínimo y un máximo de almacenamiento; al llegar al mínimo se emite una señal de radiofrecuencia que avisa al montacarguista para que traslade las sacas de la materia prima hasta la tolva de alimentación y otro sensor en la parte superior para avisar en caso de alcanzar el máximo de capacidad. Sin embargo, como se indicó, el sistema está diseñado para rellenar solo sacas completas por lo que no necesariamente cada vez que se recargue se debe llenar al máximo; es decir, el sensor superior se coloca en caso de emergencia para asegurar que no se agregue más material del necesario.

4.5. Tiempo de ciclo

Con el diseño propuesto y considerando tanto el equipo mecánico como los sistemas de transporte y las tareas manuales, es importante comprender el tiempo de ciclo que este diseño tendría, pues con base en esto es que se puede determinar si se aumenta la capacidad de producción (el área de alimentación de materias primas menores es el cuello de botella del proceso).

Al automatizar prácticamente todas las materias primas del área en estudio mediante la utilización de tolvas, las cinco materias primas automatizadas pueden realizar su proceso de forma paralela; las actividades manuales también inician al mismo tiempo; sin embargo, estas tres materias primas serán agregadas una a una, iniciando con el núcleo y luego con la sal y los aditivos, respectivamente (Figura 39).

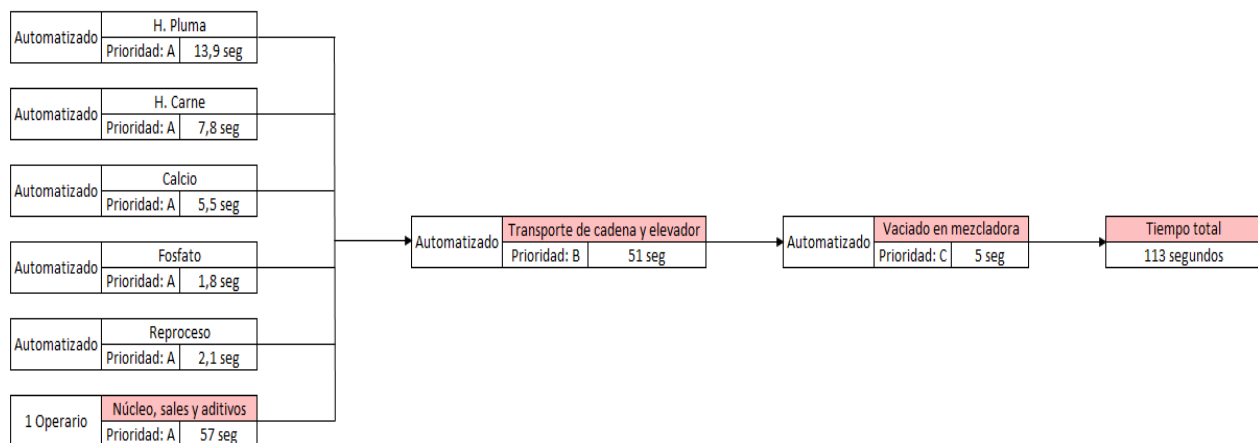


Figura 39. Tiempo de ciclo

Como se observa en la Figura 39, las tareas manuales son el cuello de botella del área en estudio, con una duración de 57 s; a esto le sigue el transporte en cadena y elevador y el vaciado en mezcladora, para un tiempo total de 113 s.

Para asegurar que este tiempo de ciclo tuvo una reducción significativa, es importante comparar contra el tiempo de ciclo actual, y contra el tiempo de ciclo de materias primas mayores (recordando que materias primas mayores y menores deben confluir en la mezcladora; el proceso no puede continuar hasta que ambas estén en este proceso). Esta comparación se observa en la Tabla 20:

Tabla 20. Comparación de tiempos de ciclo

Comparación	Tiempo (segundos)
Materias primas menores actual	158
Materias primas mayores	143
Materias primas menores propuesto	113

Como se observa, con este nuevo diseño se obtienen dos logros importantes de recalcar:

- Se logra una reducción en el tiempo de ciclo de un 30 %.
- El proceso más lento pasa a ser el de las materias primas mayores, con una diferencia de 30 s.

Esta diferencia entre el área en estudio y el nuevo cuello de botella le da suficiente tiempo al operario en caso de que suceda una eventualidad y las actividades manuales tomen más tiempo del que deberían por diseño.

Aunque entre estos dos procesos el más lento es el de materias primas mayores, el cuello de botella de todo el proceso productivo se convierte ahora en la peletizadora, la cual es una limitante para alcanzar el potencial de capacidad que estaría ofreciendo el diseño propuesto.

4.6. Comprobación de cumplimiento de objetivos

Al realizar el diseño del sistema automatizado, se consideran todos los aspectos posibles, con el fin de que este diseño realmente solviente las deficiencias determinadas en secciones anteriores; sin embargo, se requiere demostrar cuantitativamente que en efecto esas deficiencias se ven solucionadas con el diseño.

Para comprobar que el diseño efectivamente solventa las deficiencias planteadas, se realizan dos análisis: aumento de capacidad productiva y cumplimiento de principios básicos de ergonomía.

4.6.1. Aumento de capacidad

Al analizar la capacidad de la planta, se determinó que tiene una capacidad nominal para producir 1 065 baches semanales, sin embargo, con esta capacidad no alcanza la demanda semanal promedio, que supera los 1 100 baches semanales. Debido a esto, la empresa se ve obligada a trabajar un séptimo día, realizando pago de horas extra, por 8 horas semanales, en promedio.

Con base en el diseño propuesto, se logra alcanzar una capacidad un 53 % superior a la actual, logrando un total de 1 624 baches semanales, pero, como se ha mencionado el cuello de botella pasa a ser la

peletizadora, por lo que la posible capacidad alcanzada con este diseño se ve reducida a un total de 1 229 baches en 6 días. De igual manera, con esta capacidad se alcanza (y supera) la demanda semanal, trabajando solo 6 días; por lo que se elimina el pago de horas extra (Figura 40).

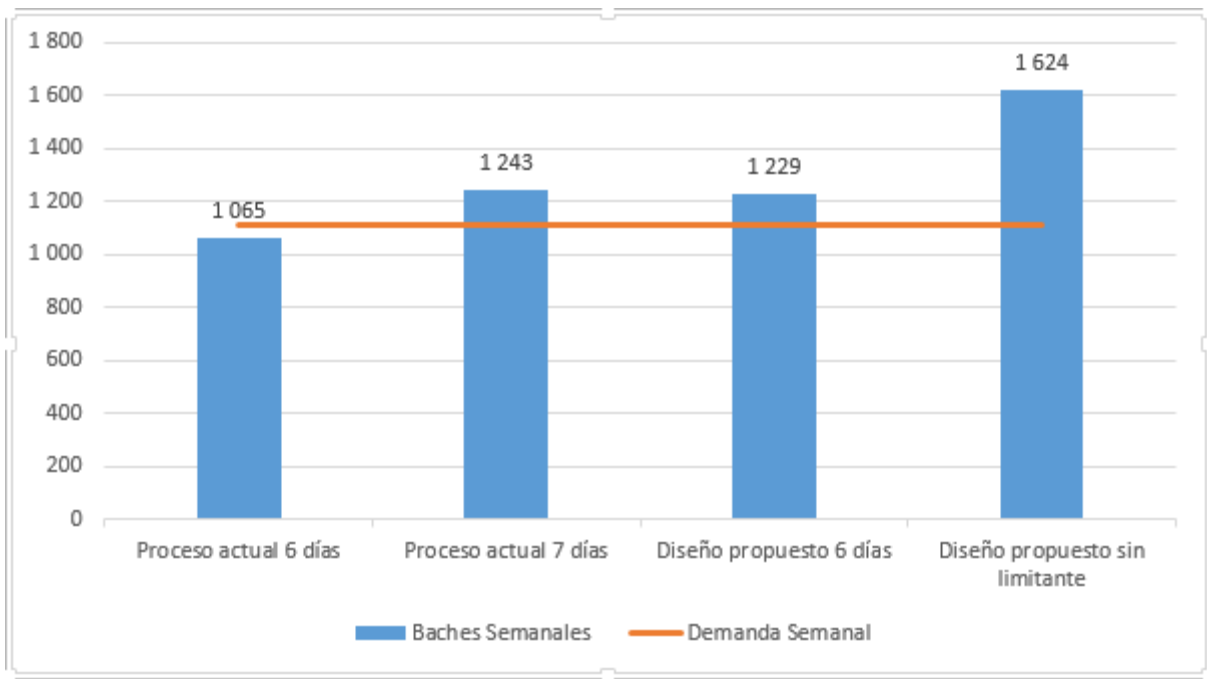


Figura 40. Aumento de capacidad de producción

El diseño propuesto logra sobrepasar la demanda semanal promedio, de manera que se pueda cubrir o manejar de mejor manera cualquier aumento en esta. Sumado a esto, se alcanza una capacidad de producción cercana a la actual, trabajando 7 días. En el caso que se tenga un aumento fuera del promedio, aún se tiene la oportunidad de trabajar el séptimo día, obteniendo una posible capacidad de 1 433 baches.

4.6.2. Cumplimiento de principios de cargas de trabajo

La base de este proyecto ha sido desarrollar un sistema de alimentación, de manera que se cumpla con los principios de ergonomía y de cargas de trabajo, y aunque fueron consideradas al realizar el diseño, se efectúan las evaluaciones respectivas para asegurar que todos los diseños y ajustes realizados en las tareas manuales no representan ningún riesgo ergonómico para los operarios (Tabla 21):

Tabla 21. Evaluación de cargas de trabajo de tareas manuales

Actividad	Evaluación ergonómica
Trasladar núcleo	2
Abrir saco de núcleo	2
Vaciar núcleo	2
Agregar aditivo	2
Vaciar sal	2
Apoyo a montacarguista	2

Como se observa en la Tabla 21, en todas las actividades manuales se obtiene una evaluación igual a dos, lo que implica que las tareas realizadas no contemplan ningún riesgo para el operario, y las cargas de trabajo son bajas.

Tras analizar los resultados, se pudo comprobar que el diseño cumple con los principios del proyecto: asegurar los principios ergonómicos y mejorar la capacidad de la planta. De igual manera, en la etapa de validación se profundizará en estos análisis y se realizará el análisis financiero, con el fin de comprobar que, además de cumplir los principios del proyecto, se realizó un diseño rentable.

4.7. Cotizaciones

Una vez concluida la investigación de los equipos disponibles en el mercado, se solicita cotizaciones a distribuidores de maquinaria en el país, con el objetivo de conocer los costos de los equipos y de su instalación. Estos costos serán incluidos en un flujo neto de efectivo con el que se calcularán distintos indicadores económicos utilizados para toma de decisiones gerenciales, en procura de aprobar o rechazar la realización del proyecto partiendo de su rentabilidad. Estos indicadores se analizarán a profundidad en la etapa de validación del proyecto.

Se consultan distintas empresas en el país especializadas en distribuir equipo para automatización y producción industrial, mediante visitas, llamadas telefónicas y correos electrónicos, con el fin de obtener cotizaciones de los equipos propuestos en la etapa de diseño. Se solicitó los mejores componentes, comprando absolutamente todos los artículos, de manera que se pueda contar con el mayor monto que se podría pagar por el proyecto de automatización del sector de materias primas menores; es decir, existe mucha posibilidad de que la inversión inicial sea menor de la calculada en este proyecto.

En la etapa de validación se realizará todo el análisis de rentabilidad con base en este precio, con el fin de validar el hecho de que, aún con el precio más elevado del mercado, el proyecto continuaría siendo

rentable. La sumatoria total de los costos asciende a €68 622 754, incluyendo el costo por la instalación y puesta en marcha de todo el equipo.

Según confirma la empresa, este monto se encuentra dentro del rango definido por la gerencia como aceptable preliminarmente para la realización del proyecto. Los análisis de rentabilidad completos se realizarán en la etapa de validación. A continuación, se muestra la Tabla 22, con el resumen de las cotizaciones:

Tabla 22. Cotizaciones

<i>Equipo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Tolva de alimentación	5	€2 895 000	€14 475 000
Tolva de producción	5	€1 737 000	€8 685 000
Motor para tornillo 1,5hp	5	€97440	€487 200
Motor para elevador 3hp	5	€117 127	€585 634
Variadores de frecuencia	5	€301 710	€1 508 550
Reductor 15 a 1	10	€158 320	€1 583 200
Canoa 9 pulg 2mc (incluye tornillo)	5	€451 571	€2 257 853
Elevador de guacales	5	€1 172 000	€5 860 000
Dosificadores por peso	5	€1 815 396	€9 076 979
Pistones de aire comprimido de simple efecto	5	€231 600	€1 158 000
Inyectores de aire a presión	5	€600 000	€3 000 000
Sensor capacitivo	10	€46000	€460 000
Sistema de control	1	€3 111 100	€3 111 100
Bajante adicional	1	€500 000	€500 000
Tarimas hidráulicas	3	€574 280	€1 722 840
Mesa con rodillos	1	€468 000	€468 000
Estructura e instalación del proyecto	1	€10 000 000	€10 000 000
Total			€64 939 354

5. Etapa 3: Documentación y estandarización de procesos

La tercera etapa de diseño corresponde a la estandarización de procesos. Se pretende evidenciar todos aquellos procesos y actividades por seguir en la línea productiva, de manera que el proceso de alimentación de materias primas menores se ejecute siempre de forma estandarizada. Para esto, se determinó

inicialmente los requerimientos de personal, con el fin de establecer los responsables de cada proceso. De seguido, se desarrolló un diagrama de flujo del proceso de alimentación de materias primas menores. Finalmente, se desarrolló un SOP (procedimiento de operación estandarizado, por sus siglas en inglés), para cada una de las tareas manuales del área en estudio (Figura 41).

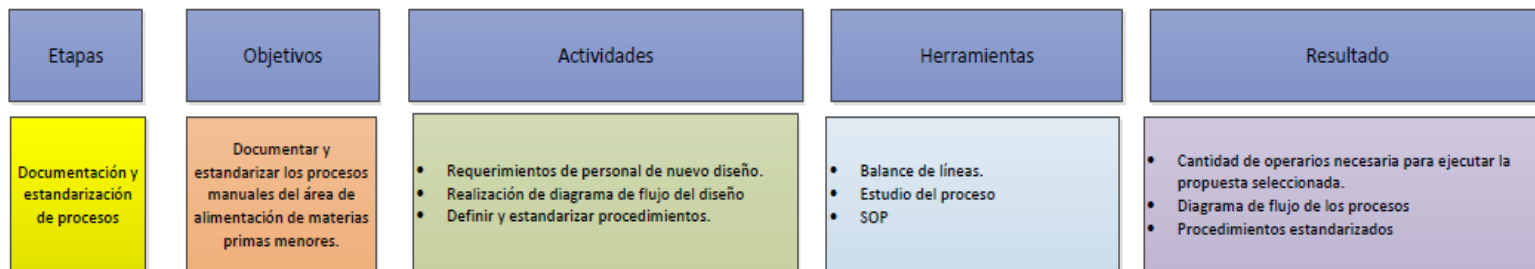


Figura 41. Documentación y estandarización de procesos

5.1. Requerimientos de personal

Tras realizar el nuevo diseño del área de alimentación de materias primas menores, es importante definir la cantidad de operarios necesaria para ejecutar las funciones manuales de la mejor manera posible, disminuyendo el tiempo de ciclo, sin que se pierda la eficiencia de la línea (Tabla 23).

Tabla 23. Eficiencia de línea

Cantidad de operarios	Tiempo de menores (segundos)	Tiempo de mayores (segundos)	Tiempo muerto (segundos)	Eficiencia
1	113	143	30	79 %
2	88	143	55	62 %
3	88	143	55	62 %

Como se observa en la Tabla 23, la manera más eficiente de ejecutar las tareas manuales es con un solo operario, esto en función del tiempo muerto que existe en la espera entre la alimentación de materias primas menores y la alimentación de materias primas mayores.

Al utilizar dos o más operarios, se disminuye la eficiencia de línea al 62 %. Al utilizar dos o tres operarios la eficiencia es la misma, pues el cuello de botella dentro del área de alimentación de materias primas menores no se disminuye colocando más operarios.

5.2. Diagrama de flujo del diseño

Como se mencionó, la finalidad del diagrama de flujo es comprender todas las conexiones en el proceso de alimentación de materias primas menores, con el fin de que exista comprensión por parte de todo el equipo de trabajo; así, se busca reducir los errores en el proceso, además de ser el primer paso para la documentación, y con esto, la estandarización de procedimientos.

El nuevo proceso de alimentación de materias primas menores consta de cinco participantes (Figura 42): supervisor, operario 1, sistema automatizado, montacarguista y operario 2. El supervisor continúa con sus tareas actuales, no existen modificaciones importantes en el proceso que este desempeña. El operario 1 se encarga de los procesos manuales: núcleo, sales y aditivos; además de oprimir el botón de arranque de la cadena que transporta todas las materias primas menores hacia la mezcladora. El sistema automatizado se encarga de la alimentación de harina de pluma, harina de carne, calcio, fosfato y reproceso. Por otro lado, el montacarguista se ocupa de recargar las tolvas, en colaboración con el operario 2, quien le ayuda a descargar las sacas en las tolvas de alimentación. El diagrama de flujo se presenta a continuación.

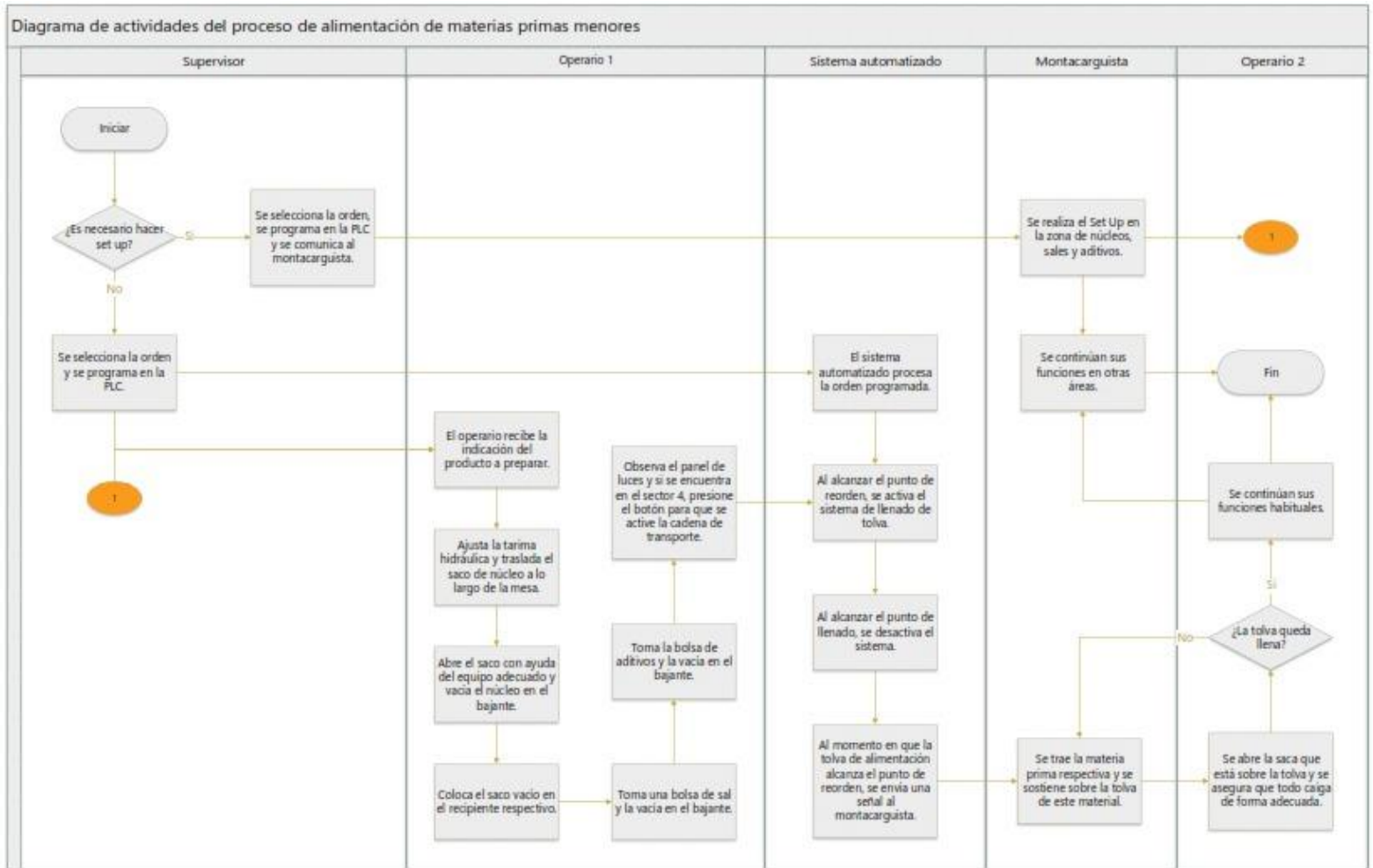


Figura 42. Diagrama de flujo

Fuente: elaboración propia

Este es el primer paso en la búsqueda de la estandarización de procesos; es importante que todo el equipo de trabajo entienda cuál es el flujo del proceso, para conocer entonces de dónde vienen los insumos y hacia dónde se dirigen; de esta manera, se comprende la necesidad de ejecutar adecuadamente su proceso y la trascendencia de cumplir los requerimientos en el tiempo adecuado.

El siguiente paso para el proceso de estandarización consiste en documentar cada uno de los procesos manuales, con el fin de eliminar cualquier posibilidad de confusión.

5.3. Estandarización de procedimientos

Debido al rediseño del proceso de alimentación de materias primas menores, se define un método de trabajo estándar para las tareas manuales involucradas. Se elabora un diagrama de flujo y se define, mediante un balance de línea, la cantidad de operarios y un método de trabajo que satisfaga los requerimientos del proceso y al mismo tiempo, cumpla con los requerimientos de la política de ergonomía de Cargill. Posteriormente, se redacta un documento en donde se detallan dichos métodos, con el objetivo de darlos a conocer entre los trabajadores y aumentar el compromiso e importancia de cumplirlos.

Estos documentos se denominan SOP (procedimientos de operación estándar, por sus siglas en inglés); y se desarrollan para cada operario del área en estudio: operario de línea, montacarguista y asistente de montacarguista (Tabla 24).

Tabla 24. SOP operario de línea

Elaboración de procedimiento operativo estandarizado	
Departamento:	Producción
Proceso:	Alimentación de núcleos, sales y aditivos
Objetivo	Definir una metodología a seguir para asegurar una correcta realización de las tareas de alimentación de núcleos, sales y aditivos de forma estandarizada y sistemática.
Alcance	Se aplica a las actividades manuales realizadas en el área de alimentación de materias primas menores.
Responsables	Operario de línea

Tabla 24. SOP operario de línea (continuación)

Elaboración de procedimiento operativo estandarizado	
Desarrollo	<p>El colaborador es el encargado de depositar en la cadena de transporte los siguientes tres ingredientes: núcleo, aditivos y sales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para esto, primeramente, verifica que los tres ingredientes mencionados correspondan con el alimento a preparar según lo indica la orden de producción. En caso de que los ingredientes no correspondan, debe indicar mediante el intercomunicador al montacarguista para que este los cambie por los ingredientes correspondientes al alimento por realizar. • Una vez que se cuente con los ingredientes correctos debe mantener la altura del ultimo saco de núcleo siempre a la altura de su pecho de modo que pueda sujetar el saco con los brazos a un ángulo de 90 grados con el torso, esto lo debe realizar controlando la altura de la mesa hidráulica con el pedal, subiendo o bajando la mesa, según corresponda, hasta obtener la altura correcta. • Posteriormente, traslada un saco de núcleo a la mesa de trabajo, transportándolo sobre los rodillos hasta la tolva de vaciado. • Sobre el bajante se abre el saco cortando el mecate con la herramienta de corte para dicha tarea y desenhebra los hilos. • Posteriormente, deposita el contenido del saco en la abertura de vaciado de la cadena transportadora. Una vez depositado todo el material, se desecha el saco vacío en la canasta para dicho fin. • Luego de terminar con el núcleo debe tomar una bolsa de aditivo, abrirla y depositar el contenido en la abertura de vaciado de la cadena transportadora y depositar la bolsa vacía en la ubicación definida para esto. • Por último, debe tomar una bolsa de sales, abrirla y depositar el contenido en la abertura de vaciado de la cadena transportadora y depositar la bolsa vacía en la ubicación definida para esto. • Al terminar de depositar el tercer ingrediente debe presionar el botón de finalización para indicar al sistema que los ingredientes bajo su responsabilidad han sido depositados. • Luego debe esperar hasta que los ingredientes hayan sido arrastrados por la cadena y esperar hasta que la cadena vuelva a detenerse. Tener presente que mientras la cadena está en movimiento emite un sonido de alarma, por lo que el proceso se repite al detenerse nuevamente la cadena para iniciar nuevamente con el proceso de vaciado de ingredientes para un nuevo bache.

En la Tabla 24 se describe con detalle todos los procesos realizados por el operario de línea, los cuales son: agregar núcleo, sales y aditivos. Además de oprimir el botón de finalización, el cual traslada todas las materias primas menores desde el área en estudio hasta que se une con las materias primas mayores. En el momento en que la cadena se detiene, el operario debe repetir el proceso.

Tabla 25. SOP montacarguista

Elaboración de procedimiento operativo estandarizado	
Departamento:	Producción
Objetivo	Definir una metodología por seguir para asegurar una correcta realización de las tareas de transporte de materia prima de forma estandarizada y sistemática.
Alcance	Se aplica a las actividades realizadas por el montacarguista en el área de alimentación de materias primas menores.
Responsables	Montacarguista
Desarrollo	<p>Además, de las funciones asignadas al montacarguista se le añaden o sustituyen las siguientes respecto al reabastecimiento de materias primas menores de la plataforma:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El montacargas contará con un sistema de luces que le indican el momento en el que debe reabastecer alguna de las materias primas menores y rellenar la tolva respectiva. • Se definirá un código de luces que indican el ingrediente que debe de ser rellenado, por lo que el montacarguista conocerá el alimento faltante sin importar su ubicación en la planta y deberá de proceder de inmediato a recargar dicho ingrediente por ser la primera prioridad de dicho operario. • El responsable de la tarea debe recoger una saca del material indicado y llevarlo al área de pesado de productos menores y colocar la saca sobre la tolva, de manera que el compañero encargado de abrir la saca pueda realizar dicha tarea. • Esperar a que el compañero termine de abrirla y que el producto salga en su totalidad, luego ubicar la saca vacía en su lugar respetivo. • Es importante mencionar que la recarga de tolvas es prioritaria para el montacarguista, ya que no se puede correr el riesgo de detener la producción por falta de materia prima. • En caso de que haya cambio de producto en el plan de producción, se le comunicará al montacarguista que se debe hacer un set up. • Para esto, el montacarguista debe recoger una tarima de núcleo y llevarla a su respectiva área, luego tomar la tarima de núcleo del producto anterior y llevarla al área de almacenamiento de materia prima si aún tiene núcleo sobre ella, si no, llevar la tarima vacía a su respectivo lugar de almacenamiento. • Este proceso se repite para las sales y los aditivos.

En este SOP (Tabla 25) se define el procedimiento del montacarguista exclusivamente para el área de materias primas menores; sin embargo, este operario debe realizar otras funciones en la bodega de materias primas. Estas otras funciones no se detallan en este proyecto, dado que salen de su alcance.

Tabla 26. SOP asistente de montacarguista

Elaboración de procedimiento operativo estandarizado	
Departamento:	Producción
Nombre del proceso:	Apoyo a montacarguista
Objetivo	Definir una metodología por seguir para asegurar una correcta realización de las tareas de forma homogénea, estandarizada, sistemática y concisa.
Alcance	Se aplica a las actividades realizadas por el asistente de montacarguista en el área de alimentación de materias primas menores.
Responsables	Asistente auxiliar
Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Al asistente auxiliar, además de las tareas cotidianas que realiza, se le asignará asistir al montacargas en el llenado de las tolvas de materias primas menores. • El operario contará con un sistema que mediante vibración indica el momento cuando debe dar asistencia al montacargas, para esto debe subir las gradas de la plataforma y ubicarse en la plataforma elevada de las tovas y esperar a que el montacargas ubique la saca sobre la tolva de manera que permita soltar el nudo de la parte inferior de la saca para que el ingrediente caiga en la tolva, asegurándose de que todo el contenido de la saca sea extraído y depositado dentro de la saca; esto aplica para todas las tolvas y sus respectivos ingredientes.

El asistente de montacarguista (Tabla 26) es un operario que se encarga de todo lo relacionado con la limpieza del área; esta persona debe continuar realizando estas funciones; sin embargo, deberá colaborar también con el montacarguista abriendo las sacas que se colocan sobre la tolva de alimentación y asegurando que todo el material caiga de manera correcta. Al terminar estas funciones, debe continuar con las tareas de limpieza.

6. Conclusiones etapa de diseño

Las conclusiones se estructuraron para ser clasificadas según las diferentes etapas: investigación, diseño, documentación y estandarización.

6.1. Conclusiones de investigación

Tal y como se detalló en la primera etapa del diseño, todos los hallazgos obtenidos con el proceso de investigación fueron la base para ejecutar un diseño que se adapte a las necesidades de la organización.

- A partir de las propiedades físicas de los materiales se determinó que el ángulo de caída apropiado para todas las tolvas debía ser superior a los 45 grados; el equipo decidió utilizar un ángulo de caída de 65 grados, para evitar cualquier inconveniente al dosificar las materias primas.

6.2. Conclusiones de diseño

- Fue fundamental considerar todos estos aspectos en cada etapa de diseño, pues las partes del sistema debían comportarse como un conjunto con la automatización existente.
- Con la información recolectada en la investigación se diseña un sistema que además de aumentar la capacidad de producción en un 17 %, asegura que el 100 % de las actividades manuales es ergonómicamente correcto y cumple con los estándares permitidos dentro de la política de ergonomía de la empresa.

6.3. Conclusiones de la documentación y estandarización de procedimientos

- El primer paso en esta etapa fue corroborar la cantidad de operarios necesaria para ejecutar el proceso de manera correcta. Se demostró que con este diseño se pasó de tener 5 operarios por turno, a uno solo, el cual tendría una ocupación del 79 %. Sumado a esto, se demostró que, si se colocan más operarios, el porcentaje de ocupación disminuye, pues aumentan los tiempos muertos, lo que vuelve el proceso menos eficiente.
- Al documentar todos los procesos mediante el diagrama de flujo y los SOP, se estandarizan las operaciones manuales, mejorando el control y disminuyendo los errores.

Capítulo 4. Validación

Una vez concluida la etapa de diseño y habiendo considerado todas las variables que influyen tanto en el desempeño de los operarios como en la capacidad de la planta, resulta fundamental validar el hecho de que lo propuesto en la sección anterior resuelva las deficiencias encontradas en los apartados iniciales de este proyecto; por lo tanto, se realizó el trabajo de validación enfocado en tres pilares: rentabilidad económica, cumplimiento de principios básicos de ergonomía y cumplimiento de proyecciones de producción, los cuales se desarrollarán en este capítulo.

1. Objetivos de validación

1.1. Objetivo general de validación

Validar el diseño realizado, de manera que se asegure el cumplimiento de los principios básicos de ergonomía y el aumento en la capacidad de producción de la planta; además de comprobar la rentabilidad del proyecto.

1.2. Objetivos específicos de diseño

- Realizar un análisis financiero que permita comprobar la rentabilidad del diseño propuesto.
- Comprobar que el diseño propuesto cumple con los principios básicos de ergonomía y minimiza los riesgos de seguridad ocupacional para los operarios.
- Verificar que el nuevo diseño de la planta genera un aumento en la capacidad de al menos un 15 %.

2. Metodología empleada para la validación

Con el fin de tener una mejor conceptualización de lo que se desarrollará en esta etapa, el equipo de trabajo planteó la metodología de validación, la cual se divide en tres etapas ligadas directamente con los objetivos: análisis de rentabilidad, cumplimiento de principios básicos de ergonomía y cumplimiento de las proyecciones de producción (Figura 43).

Etapas	Actividades	Herramientas	Resultado
Análisis de rentabilidad.	Determinar la rentabilidad del diseño propuesto mediante las siguientes herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Flujo neto de efectivo. • VAN • TIR • Periodo de recuperación 	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo neto de efectivo. • Hojas de cálculo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecciones financieras en términos del flujo de efectivo que el proyecto va a generar. • Rentabilidad del proyecto (TIR y VAN). • Periodo de recuperación de la inversión.
Cumplimiento de principios básicos de ergonomía.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de cumplimiento de principios básicos de ergonomía en los puestos de trabajo en el área de estudio. • Porcentaje de mejora en las auditorías de ergonomía con respecto a la situación actual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Auditoría OWAS. • Auditoría Rodgers. • Evaluación de cargas de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Calificación de auditorías de ergonomía con resultados satisfactorios. • Porcentaje de mejora en las auditorías de ergonomía.
Cumplimiento de proyecciones de producción.	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar si la capacidad del diseño propuesto permite cubrir las proyecciones de producción de los próximos cinco años. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de tiempos. • Pronósticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de cumplimiento de proyecciones de producción. • Comparación contra el porcentaje de cumplimiento de proyecciones actual.

Figura 43. Metodología de validación

3. Etapa 1: Análisis de rentabilidad

Para determinar si un proyecto de inversión vale la pena ser realizado, es preciso efectuar un flujo neto de efectivo, el cual consiste en analizar lo que pasa cuando los flujos de efectivo suceden en diferentes momentos, considerando gastos, ingresos e impuestos (Sullivan, 2004). Mediante este flujo de efectivo, se determina el comportamiento del dinero en los primeros 7 años de funcionamiento del proyecto.

A partir del movimiento del dinero, se determina indicadores que permiten confirmar la rentabilidad del proyecto; entre ellos, los tres más importantes son: VAN, TIR y el periodo de recuperación de la inversión. Con el desarrollo de estos indicadores se asegura (o no) la rentabilidad del proyecto (Figura 44).

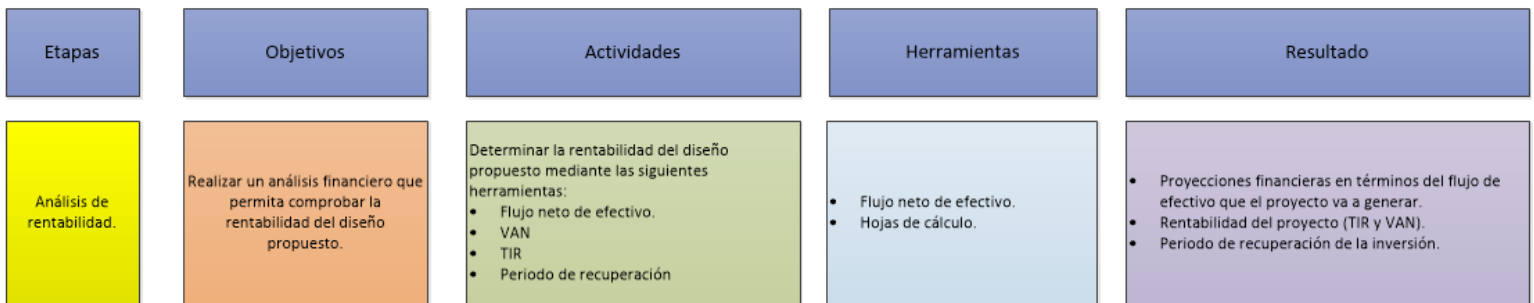


Figura 44. Análisis de rentabilidad

3.1. Flujo neto de efectivo

Como se mencionó, con el fin de determinar si el proyecto tiene una viabilidad económica que justifique su inversión, se realiza un flujo neto de efectivo, en el cual se analizan todos los gastos e ingresos en un periodo específico, tomando en consideración aspectos como la depreciación, los impuestos, entre otros. La idea de este flujo neto de efectivo es observar y analizar cómo se mueve el dinero en un periodo específico. Con base en esto, se puede determinar si el proyecto tiene la capacidad de generar flujos de efectivo positivos, la capacidad de atender obligaciones y la capacidad de pagar dividendos (Manus, 1995).

Dado que el proyecto consiste en la adquisición de un equipo, el flujo neto de efectivo es del tipo de inversión, y los ingresos percibidos por la organización son los ahorros que genera este proyecto, los cuales se comparan contra los gastos necesarios para hacer que el proyecto opere (Ministerio de Economía y Finanzas, 2019). En este caso se decidió efectuar el análisis para un periodo de 7 años, en los cuales se analiza el movimiento del dinero en cada año y el resultante al final de cada uno de los años en estudio.

Se decidió realizar el flujo neto de efectivo considerando dos variables aleatorias: costos variables y horas extra pagadas; ambas irán en relación con la cantidad de concentrado que se deba producir. Mediante estas variables se permite hacer un análisis más robusto, obteniendo flujos netos de efectivo distintos y trabajando con la media estadística de los resultados.

Entre los costos incluidos en el flujo neto de efectivo se toman en consideración los costos fijos, los cuales incluyen, entre otras cosas, los salarios de los colaboradores necesarios en el diseño propuesto y los costos

variables que reflejan principalmente los montos asociados al consumo eléctrico. También se requiere considerar los costos de mantenimiento: repuestos y reemplazo de maquinaria una vez concluida la vida útil indicada por el fabricante, y costos por la depreciación de la maquinaria.

Como ahorros se contempla el salario de los colaboradores que se dejan de necesitar para la operación, así como el pago de horas extra que ya no sería necesario si se implementa el diseño propuesto, valorando el hecho de que, con el aumento en la capacidad de producción, en seis días semanales se alcanza (y supera) la demanda semanal promedio.

Como se mencionó, los costos variables y ahorros por horas extra se toman como variables, debido a que dependen de la cantidad de concentrado por producir. Para colocar estos como variables, se les realiza un análisis estadístico que determine su comportamiento actual, y con base en esto, los parámetros necesarios para generar números aleatorios que mantengan el mismo comportamiento. Estos números aleatorios se generan en la herramienta @Risk de Excel, la cual considera el análisis estadístico para que la variabilidad se encuentre dentro del comportamiento habitual definido. Esta variabilidad se utiliza para generar los distintos posibles escenarios del VAN y TIR y obtener resultados promedio considerando mil escenarios posibles. Por otra parte, a los costos de planilla de personal y de mantenimiento no se les aplica dicho proceso, debido a que se consideran fijos (la cantidad de personal se espera invariable y no depende de la cantidad por producir, ni el mantenimiento).

Con el fin de ejemplificar, se presenta el flujo neto de efectivo estático; es decir, con valores fijos (promedios) para aquellos datos tomados como variables al hacer el cálculo de indicadores financieros (Tabla 27).

Tabla 27. Flujo neto de efectivo

Proyecto de Automatización de los procesos de alimentación de materias menores								
	Años							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Ahorros	44 895 556	45 793 467	46 709 336	47 643 523	48 596 394	49 568 322	50 559 688	
Salarios	26 452 224	26 981 268	27 520 894	28 071 312	28 632 738	29 205 393	29 789 501	
Horas Extra	18 443 332	18 812 199	19 188 443	19 572 211	19 963 656	20 362 929	20 770 187	
Costos	(19 391 110)	(19 604 692)	(19 822 546)	(20 044 757)	(20 271 412)	(20 502 601)	(20 738 413)	
Costos Fijos	(8 712 000)	(8 886 240)	(9 063 965)	(9 245 244)	(9 430 149)	(9 618 752)	(9 811 127)	
Costos Variables	(10 679 110)	(10 892 692)	(11 110 546)	(11 332 757)	(11 559 412)	(11 790 601)	(12 026 413)	
Costos de mantenimiento			(1 960 000)	(1 072 000)	(1 375 000)	(1 999 200)		
Depreciación	(9 803 251)	(9 803 251)	(9 803 251)	(9 803 251)	(9 803 251)	(9 803 251)	(9 803 251)	(9 803 251)
Utilidad ante de Imp.	15 701 195	16 385 524	17 083 540	17 795 515	18 521 731	19 262 470	20 018 025	
Impuesto	(4 710 359)	(4 915 657)	(5 125 062)	(5 338 655)	(5 556 519)	(5 778 741)	(6 005 407)	
Utilidad Neta	10 990 837	11 469 867	11 958 478	12 456 861	12 965 212	13 483 729	14 012 617	
Depreciación	9 803 251	9 803 251	9 803 251	9 803 251	9 803 251	9 803 251	9 803 251	9 803 251
Inversión	(68 622 754)							
Valor de rescate Neto	0							
Capital de trabajo	(68 622 754)							
Recuperación de cap. Del trabajo								
Flujo Neto de Efectivo	(68 622 754)	20 794 087	21 273 117	21 761 728	22 260 111	22 768 462	23 286 980	23 815 868

Como se observa en la Tabla 27, en todos los periodos se obtuvo resultados positivos; es decir, los ahorros generados por el proyecto son mayores a los gastos necesarios para ponerlo en funcionamiento. Aunque todos los rubros aumentan en la misma proporción, dada la combinación de resultados y los promedios de los costos variables obtenidos, el aumento en el ahorro resulta mayor cada año, obteniendo mayores réditos a medida que pasa el tiempo. De igual manera, los resultados principales del FNE se desarrollan al determinar los indicadores de rentabilidad, que son los que confirman si estos resultados positivos son suficientes para que el proyecto sea económicamente rentable.

3.2. Indicadores de rentabilidad

Una vez elaborado el flujo neto de efectivo, este se utiliza para calcular el valor actual neto (VAN), el cual es un indicador que mide la generación de ingresos netos que genera un proyecto en un horizonte de tiempo determinado (Valencia, 2011). Este indicador transporta las ganancias futuras a un valor actual, lo que permite conocer la rentabilidad de un proyecto.

Con el fin de obtener un VAN robusto y que abarque todas las posibilidades, se utiliza la herramienta de Excel @Risk, la cual permite brindar valores aleatorios a los componentes, según la naturaleza del proyecto, y con base en esto, generar iteraciones con distintos resultados. En este caso se utilizaron variables aleatorias para las horas extra pagadas por la empresa y los costos variables; además, se utilizó una tasa de interés de referencia de un 10 %. Es importante aclarar que las variables aleatorias se definieron mediante un análisis estadístico, en el cual se permiten resultados aleatorios que se encuentren dentro de los costos posibles, esto definido con base en el histórico de la compañía.

Mediante esta herramienta se realiza una corrida con 1 000 iteraciones; cada una calcula un valor aleatorio a cada variable definida como tal y calcula un VAN para cada caso. Luego se realiza un análisis estadístico de cada uno de los valores resultantes, obteniendo un promedio de ¢22 962 595, el cual es un resultado sumamente atractivo, considerando el hecho de que solo considera los ahorros generados por el proyecto.

Conviene señalar que se utilizó un nivel de confianza del 90 %, es decir, se considerará aquellos resultados dentro del 5 % y el 95 %, observando esto como una campana normal (Figura 45):

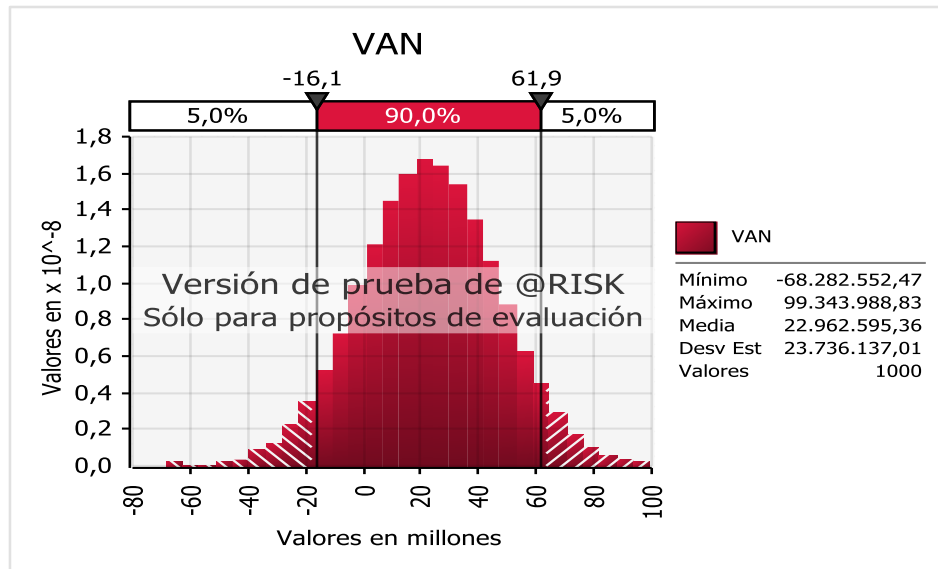


Figura 45. Resultados de @Risk para el VAN.

Como se observa en la Figura 45, con el nivel de confianza seleccionado se obtienen valores para el análisis desde los -20MM hasta los 60MM; sin embargo, la mayor cantidad de resultados se obtienen entre el 0 y los 40 MM, lo que permite confirmar el hecho de que, efectivamente, el proyecto genera resultados positivos con respecto al VAN, asegurando la rentabilidad del proyecto.

Con el fin de hacer más robusto el análisis de rentabilidad se utiliza TIR, el cual se expresa en forma de porcentaje y representa la tasa de interés que convertiría al valor actual neto del proyecto en cero (Tarquin, 2012). En otras palabras, si al proyecto se le aplicara una tasa de retorno igual al TIR el proyecto no tendría ni pérdidas ni ganancias. Usualmente se pide un TIR superior a la tasa de descuento para acertar un proyecto de inversión.

Para efectos del proyecto se siguió la misma lógica que con el VAN: mediante la utilización de la herramienta @Risk se realizó una corrida de 1 000 iteraciones, variando de manera aleatoria los costos variables y el pago de horas extra. Al realizar este procedimiento se obtiene un TIR del 19 %, un valor casi del doble que la tasa de retorno del 10 %. Los resultados se muestran a continuación (Figura 46).

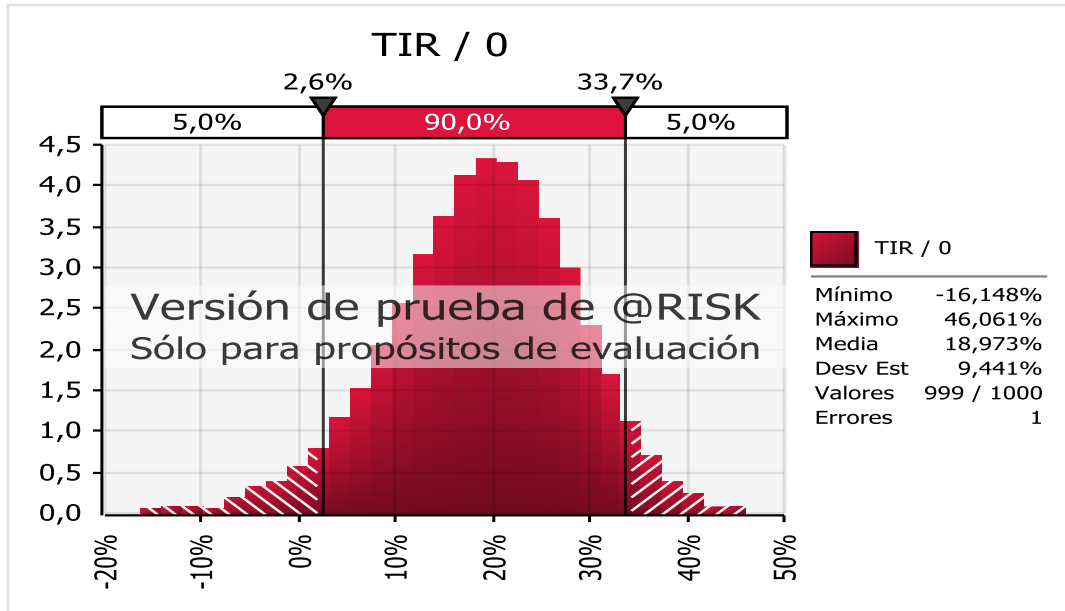


Figura 46. Resultados de @Risk para el TIR

Al observar estos resultados en la Figura 46, se realiza un análisis similar al realizado con el VAN; se observa que todos los resultados obtenidos dentro de los límites de confianza son positivos; sumado a esto, la mayor cantidad de resultados se obtienen entre el 10 % y el 30 %; por lo tanto, se puede confirmar estadísticamente que el resultado del TIR es mayor a la tasa de interés con la que se trabajó, asegurando la rentabilidad del proyecto en términos financieros.

Por último, se analiza el periodo de recuperación de la inversión, el cual es el tiempo en el que se espera que los ahorros generados por el proyecto igualen o superen el monto de dinero invertido para volver realidad el proyecto. A continuación, se muestran los resultados obtenidos (Figura 47):

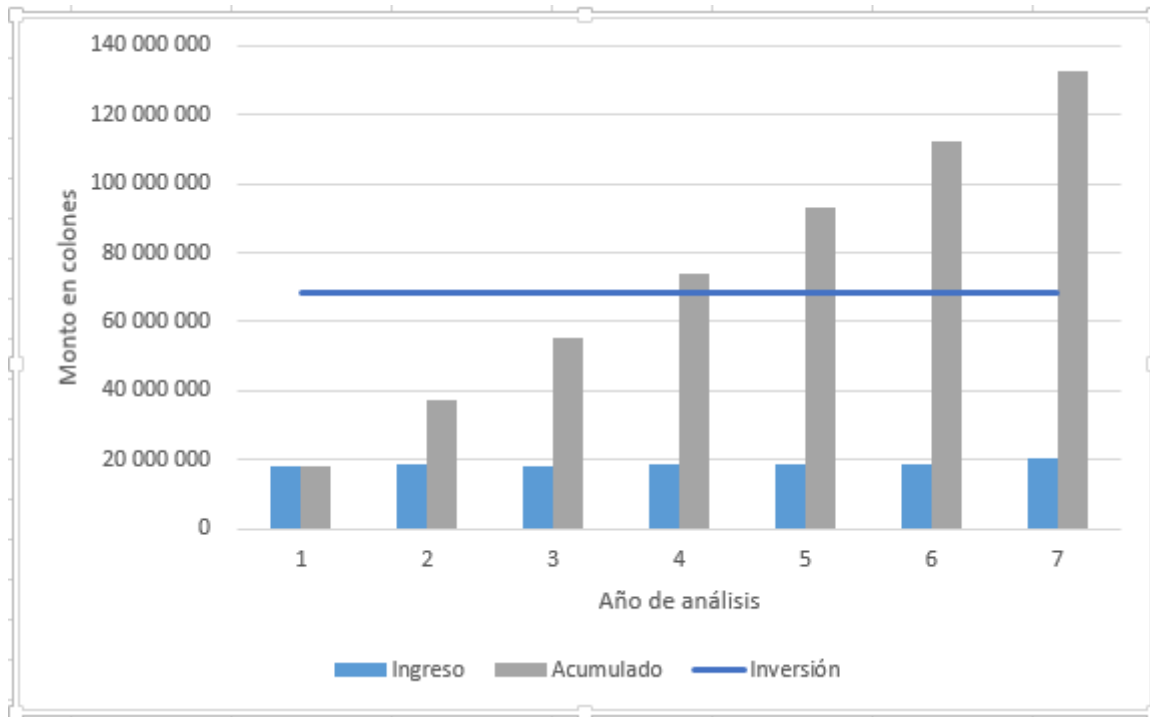


Figura 47. Periodo de recuperación de la inversión

Como se observa en la Figura 47, el acumulado de los ahorros del cuarto año supera el monto de la inversión; es decir, la inversión se recupera en un lapso menor que la vida útil del proyecto; de hecho, y para ser más específico, la inversión se recupera en un periodo de 44,5 meses, considerando solo los ahorros generados por el proyecto. Si se valoraran todos los ingresos adicionales que la compañía podría tener por este proyecto, los resultados del análisis financiero posiblemente serían aún más rentables.

4. Etapa 2: Cumplimiento de principios básicos de ergonomía

Como se ha mencionado, una de las prioridades al realizar el diseño del nuevo sistema de alimentación de materias primas menores, es crear un área de trabajo que cumpla con los principios básicos de ergonomía, de forma que minimice cualquier riesgo laboral dentro de la planta.

Se consideraron todos los principios ergonómicos, sin embargo, en esta etapa se busca validar que efectivamente se logró cumplir con el objetivo; para esto, se trabajó con tres herramientas: evaluación de cargas de trabajo, auditoría OWAS y auditoría Rodgers.

La herramienta más incluyente es la evaluación de cargas de trabajo: evalúa tanto el espacio de trabajo, como la posición de trabajo y el espacio disponible, abarcando todos los principios de ergonomía. Sin embargo, el equipo de trabajo decidió complementar esto con las herramientas utilizadas actualmente en la planta: las auditorías OWAS y Rodgers, en procura tener un acercamiento con la organización en términos que le sean familiares a esta (Figura 48).

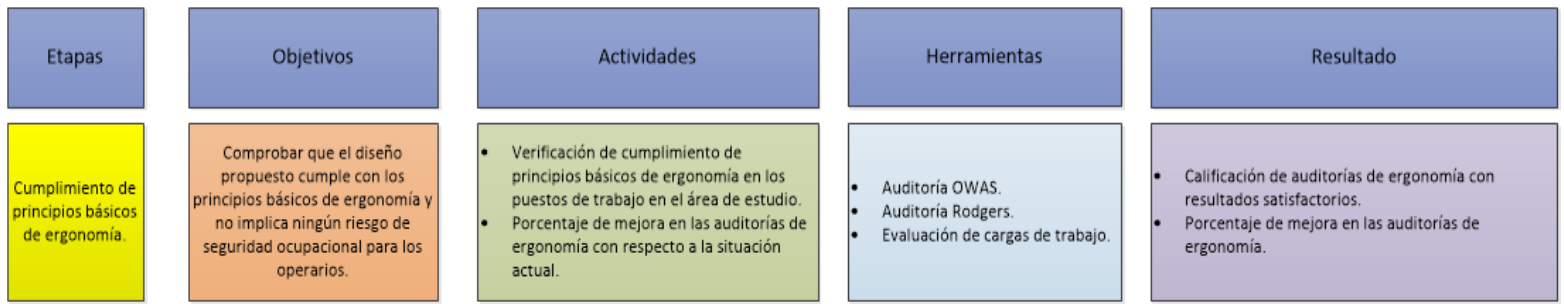


Figura 48. Cumplimiento de principios básicos de ergonomía

4.1. Evaluación de cargas de trabajo y auditorías de ergonomía

El equipo de trabajo utilizó tres herramientas de evaluación de ergonomía: auditoría OWAS, auditoría Rodgers y evaluación de cargas de trabajo. Las dos primeras son las que se utilizan actualmente en la empresa, por lo que era importante observar los cambios y mejoras que se obtienen con el diseño propuesto. Se realizó la evaluación con todos los procesos manuales propuestos, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 28. Auditorías OWAS y Rodgers

Actividad	Diseño propuesto	
	Calificación	Riesgo
Vaciar núcleo en bajante	2	Sin riesgo
Traslado de núcleo	1	Sin riesgo
Agregar aditivo	1	Sin riesgo
Vaciar sales	1	Sin riesgo
Abrir saco de núcleo	1	Sin riesgo

Como se observa en la Tabla 28, con el diseño propuesto se logra eliminar todos los riesgos existentes, asegurando un puesto de trabajo que cumple con los principios básicos de ergonomía y disminuye al mínimo posible los riesgos de lesiones o accidentes laborales.

Por otro lado, se utilizó la evaluación de cargas de trabajo para validar todos los aspectos ergonómicos de las tareas manuales, debido a que es la que el equipo de trabajo considera más robusta e incluyente en cuanto a las variables que considera. Con base en esto, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 29):

Tabla 29. Evaluación de cargas de trabajo

Listado actividades	Resultado
Vaciar núcleo	2
Agregar aditivo	2
Abrir saco de núcleo	2

Tabla 29. Evaluación de cargas de trabajo (continuación)

Listado actividades	Resultado
Vaciar sal	2
Trasladar núcleo	2
Apoyo a montacarguista	2

Con base en los resultados obtenidos; y según las indicaciones de la herramienta, al obtener una evaluación de 1 o 2, se puede confirmar que las actividades cumplen con los principios básicos de ergonomía, y que no implican ningún riesgo para los operarios del área en estudio.

Es importante recalcar que estas evaluaciones se realizaron solo para las actividades manuales que quedaron en el diseño propuesto. Y aunque con base en estos resultados se puede asegurar que el diseño cumple con los principios básicos de ergonomía, es preciso comparar el estado actual de la organización versus el estado que se tendría con el diseño propuesto.

4.2. Comparación de resultados

Conviene comparar las evaluaciones ergonómicas, con el fin de observar el grado de mejora que se tendría implementando el diseño propuesto. A partir de tal consideración y manteniendo las mismas herramientas (auditoría OWAS, Rodgers y evaluación de cargas de trabajo), se presentan las Tabla 30 y Tabla 31.

Para la tabla de las auditorías se comparan solo las actividades manuales que quedan en el diseño propuesto, mientras que en la evaluación de cargas de trabajo se realizó la comparación de todas las actividades manuales que se efectúan actualmente.

Tabla 30. Comparación de resultados de Auditoría OWAS y Rodgers

Actividad	Actual		Diseño propuesto	
	Calificación	Riesgo	Calificación	Riesgo
Vaciar núcleo en bajante	3	Espalda	2	Sin riesgo
Traslado de núcleo	4	Espalda, piernas	1	Sin riesgo
Agregar aditivo	3	Espalda	1	Sin riesgo
Vaciar sales	3	Espalda	1	Sin riesgo
Abrir saco de núcleo	2	Sin riesgo	1	Sin riesgo

Como se observa en la Tabla 30, solo una de las actividades no implica un riesgo para los operarios, por lo que en efecto es un área que no cumple los principios básicos de ergonomía. Mientras, el 100 % de las actividades manuales del diseño propuesto no implica ningún riesgo para los operarios, por lo que se puede confirmar que efectivamente se realizó un diseño ergonómicamente correcto.

Por otro lado, en la evaluación de cargas de trabajo se obtienen los siguientes resultados (Tabla 31):

Tabla 31. Comparación de resultados de evaluación de cargas de trabajo

Listado actividades	Estado actual	Diseño propuesto
Abrir saco de harina de carne	2	Automatizado
Trasladar saco de harina de carne	4	Automatizado
Vaciar saco de harina de carne	4	Automatizado
Pesaje de calcio	4	Automatizado
Pesaje de pluma	4	Automatizado
Traslado de pluma y calcio	4	Automatizado
Vaciado de pluma y calcio	4	Automatizado
Agregar reproceso	4	Automatizado
Apuntar datos	1	Automatizado
Barrido de plataforma	2	Automatizado
Pesaje de fosfato	2	Automatizado
Traslado de fosfato	2	Automatizado
Vaciar fosfato y aditivo	2	Automatizado
Vaciar núcleo	3	2
Ubicar núcleo en el suelo	3	Eliminado
Agregar aditivo	2	2
Abrir saco de núcleo	2	2
Vaciar sal	2	2
Trasladar núcleo	Nuevo	2
Apoyo a montacarguista	Nuevo	2

Se observa que todas aquellas actividades que tienen una evaluación de 3 o 4 fueron automatizadas, modificadas o eliminadas, tomando en consideración el hecho de que, según la herramienta, toda actividad con evaluación 3 o 4 debe ser modificada. Actualmente, el 50 % de las actividades representa un riesgo para los operarios; de esta cantidad de actividades, el 77 % fue automatizado, el 11,5 % eliminado y el 11,5 %, modificado. De esta manera, se asegura que el diseño propuesto es ergonómicamente adecuado, obteniendo actividades manuales con evaluación 2 como máximo.

Considerando los resultados obtenidos con las tres herramientas utilizadas y la comparación del escenario actual contra el diseño propuesto, se puede entonces confirmar que efectivamente el diseño realizado en este proyecto cumple con todos los principios básicos de ergonomía y elimina la dolencia actual presentada por la organización con respecto a este tema.

5. Etapa 3: Cumplimiento de proyecciones de producción

Si se está realizando un diseño en un sector de la planta de producción, que además es el actual cuello de botella de proceso, no se puede dejar de lado el tema de la capacidad de producción. Al realizar el diseño,

el equipo de trabajo se enfocó en aumentar también la cantidad de baches que se pueden producir de manera semanal, buscando con esto ser más eficientes y aprovechar el tiempo disponible.

El diseño realizado logró disminuir el tiempo de procesamiento del cuello de botella, de forma tal que ahora tarde menos que el área de alimentación de materias primas mayores, aumentando la cantidad de producto terminado que se puede generar en un plazo. Con este ajuste, el cuello de botella pasa a ser el área de peletizado; por lo tanto, si la empresa desea aumentar la capacidad, se debe enfocar en esta área, sin preocuparse del área de alimentación de materias primas menores (Figura 49).

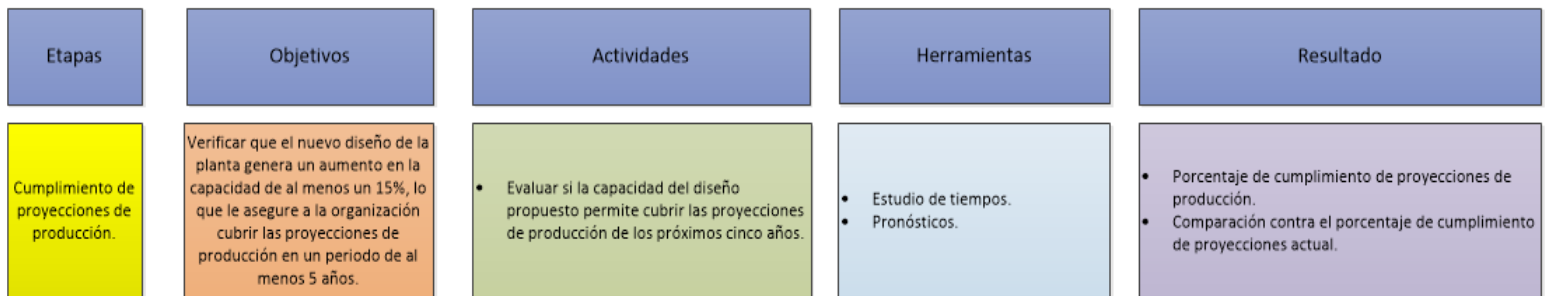


Figura 49. Cumplimiento de proyecciones de producción

5.1. Aumento de capacidad de producción

Como se ha mencionado, uno de los enfoques del proyecto fue asegurar el aumento en la capacidad de producción de la planta, de manera que el área en estudio dejara de ser el cuello de botella, con lo que la cantidad de baches por hora aumentaría considerablemente.

Es importante recalcar el hecho de que, aunque se eliminó el área de alimentación de materias primas menores como cuello de botella, lo que permitió aumentar la capacidad en un 53 %, todavía existe la limitante de la peletizadora, la cual se vuelve el nuevo cuello de botella del proceso productivo. Esta limitante hace que el aumento real en la capacidad productiva sea de un 15,4 % (Figura 50).

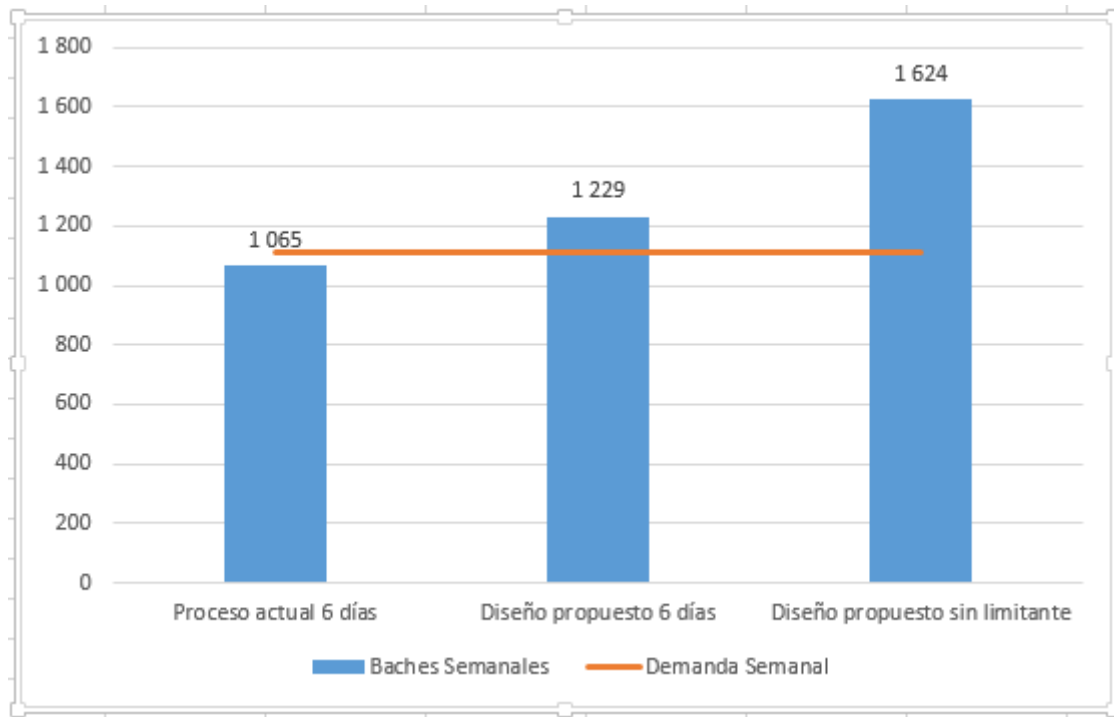


Figura 50. Aumento en la capacidad de producción

Como se observa en la Figura 50, la empresa no cuenta con la capacidad para cumplir con la demanda semanal promedio; debido a esto, debe recurrir al pago de horas extra, trabajando los domingos, al menos un turno. Con el diseño propuesto, se tiene la posibilidad de alcanzar una capacidad productiva de hasta 1 624 baches semanales; inclusive, con este aumento se podría tener la opción de trabajar cinco días y aun así cubrir la demanda semanal promedio (1 353 baches en cinco días).

Sin embargo, como se mencionó, se tiene la limitante de la peletizadora, por lo tanto, la capacidad real alcanzada es de 1 229 baches semanales, lo que supera la demanda semanal promedio, sin necesidad de incurrir en el pago de horas extra. En el caso de que se presenten picos de demanda, se tendrá la posibilidad de trabajar el séptimo día, alcanzando producciones de 1 433 baches semanales.

En caso de que la empresa tuviera la necesidad de aumentar la capacidad de producción, se deberían enfocar en las peletizadoras; si se logra disminuir el tiempo en este proceso, la capacidad de la planta va a aumentar, por lo que el aumento en la capacidad sería directamente proporcional a la cantidad de tiempo que se logre reducir en esta área. Lo importante es recalcar el hecho de que el área de alimentación de materias primas menores deja de ser un impedimento para el aumento en la capacidad.

Por otro lado, si el aumento obtenido con el nuevo diseño no cumple con las proyecciones de demanda, de igual manera se necesitaría turnos extra para cumplir con estos pronósticos. Por lo tanto, es importante asegurar que el diseño propuesto, aún con la limitante, cubre las proyecciones de un periodo apropiado.

5.2. Cumplimiento de proyecciones de producción

En secciones anteriores se trabajó con las proyecciones de producción de la planta, con el fin de definir la capacidad que tenía la organización para alcanzar estos planes de producción a futuro. En esta sección se trabaja con los mismos pronósticos para un período de cinco años, en procura de determinar si el aumento en la capacidad de producción que se logró con el diseño, es suficiente para cubrir los planes de producción en este periodo.

De igual manera, se realiza la comparación contra la cantidad de baches promedio que se producen actualmente en seis días, de forma que se pueda observar las diferencias existentes y la mejoría alcanzada con el diseño propuesto, todo en relación con las proyecciones de producción a cinco años.

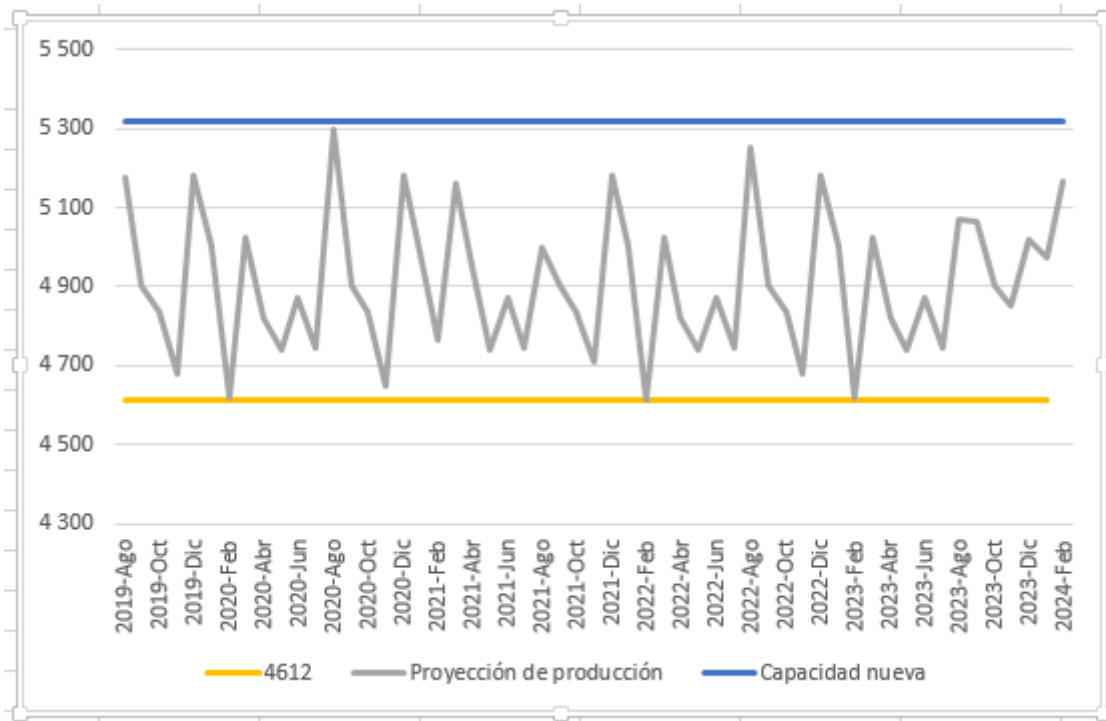


Figura 51. Cumplimiento de proyecciones de producción en baches

Como se observa en la Figura 51, la empresa no cuenta con la capacidad para producir en 6 días la cantidad de baches necesarios para cubrir la demanda mensual proyectada en prácticamente ninguno de los casos; esto respalda el hecho de que actualmente se debe trabajar los 7 días de la semana, teniendo que incurrir en el pago de horas extra y pagos adicionales de mantenimiento.

Con el diseño propuesto, la empresa podría cubrir las proyecciones en el 100 % de los periodos en estudio, trabajando solo 6 días, por lo que no sería necesario realizar horas extra y toda la planta podría descansar un día por semana, lo que alarga la vida de la maquinaria y permite al equipo de mantenimiento realizar cualquier corrección el día que no se está utilizando en la planta.

En caso de que exista un pico que supere las proyecciones, la empresa cuenta con la posibilidad de trabajar el séptimo día para cubrir esta eventualidad. Es decir, el diseño tiene una capacidad a siete días de 6 206 baches mensuales (1 433 baches semanales), obteniendo gran cantidad de holgura con respecto a las proyecciones de producción, que también le permitiría cubrir una eventualidad en cuanto al aumento de demanda.

Por otro lado, la planta podría aumentar aún más su capacidad de producción si disminuye el tiempo en el cuello de botella actual. El diseño propuesto está realizado considerando una posible capacidad de la planta para una producción de más de 7 000 baches mensuales, lo que supera por mucho las proyecciones a cinco años.

6. Conclusiones etapa de validación

Conclusiones del análisis de rentabilidad

Es fundamental que el proyecto sea rentable económicamente, pues de otra forma no se podría tomar en consideración este diseño para ser implementado. Se concluye que:

- Mediante la realización del flujo neto de efectivo se demostró que con este diseño se obtienen ingresos en todos los periodos en estudio; esto indica que los ahorros generados son mayores a los gastos incurridos en cualquiera de las variaciones estadísticas realizadas al correr la simulación.
- Por medio de una simulación con 1 000 corridas en la herramienta @Risk, se puede asegurar la rentabilidad del proyecto, obteniendo un TIR del 18,97 % (superior al 10 % de tasa de interés de mercado) y un VAN superior a los 22,9 MM de colones, con un periodo de recuperación de 44,5 meses.

Conclusiones sobre el cumplimiento de los principios básicos de ergonomía

Aunque se demostró la rentabilidad del proyecto, debido al enfoque de la empresa y a sus principios, el tema de ergonomía es fundamental, pues la empresa se centra en la salud del operario más que en la eficiencia de la línea productiva. Al utilizar las herramientas de validación seleccionadas y explicadas, se concluye que:

- Mediante la realización de las auditorías OWAS y Rodgers y la comparación de los resultados contra los obtenidos con el estado actual, se observó que en todos los casos se tiene una mejoría importante, asegurando un diseño que cumple con todos los principios básicos de ergonomía requeridos por la empresa.
- Tras realizar la evaluación de cargas de trabajo se confirmó que ninguna de las actividades manuales del diseño propuesto, significa un riesgo para los operarios; por otro lado, todas aquellas actividades que actualmente implican un riesgo (evaluaciones 3 y 4) fueron automatizadas, modificadas o eliminadas.

Conclusiones sobre el cumplimiento de las proyecciones de producción

Dado que la organización está realizando un esfuerzo por automatizar un sector de la planta (enfoque en el tema ergonómico), el diseño propuesto debe abarcar más que la solución al principal problema; por lo tanto, el equipo de trabajo desarrolló un diseño en el cual se asegura un aumento en la capacidad de producción de más de un 15 %, considerando todas las restricciones existentes. Con este aumento en la capacidad se asegura el 100 % de cumplimiento de las proyecciones de producción en un periodo de al menos cinco años.

Por otro lado, el diseño le permite a la organización realizar mejoras en otras áreas de la planta y aumentar su capacidad de producción en un 53 %, hasta que el cuello de botella sea el sector de alimentación de materias primas mayores.

Conclusiones

Al analizar los resultados obtenidos en cada etapa, se concluye lo siguiente:

- El área de alimentación de materias primas menores presenta importantes oportunidades de mejoras en el diseño de puestos de trabajo, debido a que no cumple con los principios básicos de ergonomía, por lo que existe riesgo de lesiones; además, se incumple uno de los principios y objetivos empresariales, que es asegurar el bienestar de los colaboradores, dado el enfoque humanitario que caracteriza a la organización.
- Además de encontrar deficiencias en el tema ergonómico de los diseños de puestos, se confirmó que se debe realizar el pago de horas extra, debido a que el diseño actual no tiene la capacidad para alcanzar la demanda semanal del mercado; se realizó entonces la propuesta de una opción que aumente la capacidad de producción y cumpla con los principios de ergonomía y seguridad ocupacional.
- Los análisis físicos realizados a las materias primas en la fase de evaluación e investigación, permitieron obtener datos relevantes sobre las características físicas de dichos materiales, que conjuntamente con otras restricciones del proceso y de la planta de producción, permitieron realizar un diseño de automatización ajustado a las necesidades y restricciones, lo que asegura el aprovechamiento del espacio y equipo existente.
- Gracias a la realización de un diseño de automatización ajustado a las necesidades del proceso y restricciones de la planta, se logra aumentar la capacidad de producción en un 17 %, debido a la disminución del tiempo de ciclo. Por otra parte, se cumple con uno de los objetivos más importantes para la gerencia: una mejora sustancial en las condiciones ergonómicas y de salud ocupacional, por lo que el diseño propuesto acata al mismo tiempo dos aspectos de suma importancia para la empresa y que podrían traerle grandes beneficios.
- Los análisis económicos mostraron la viabilidad del proyecto de inversión, debido a las utilidades esperadas con un valor actual neto de ¢23 000 000 y un TIR del 19 %, con una tasa de interés de mercado del 10 %, además de que el proyecto se encuentra dentro de un rango de costo aceptable según el presupuesto de la organización, para una inversión cercana a los ¢69 000 000.

Bibliografía

- Krajewski, L., & Ritzman, L. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. Estado de México: Pearson Educación.
- Secretaria de Salud Laboral y Medio Ambiente. (2009). *Buenas prácticas para el diseño ergonómico de puestos de trabajo en el sector metal*. Madrid, España: UGT Comisión Ejecutiva Confederal.
- Alfaro, F. (1999). *Diagnósticos de productividad por multimomentos*. Barcelona: Marcombo S.A.
- Arroyo, R. A. (23 de Abril de 2018). Determinación de tendencias para resolución de problemas. (D. Fernández, Entrevistador)
- Asensio, S. (2012). *Evaluación ergonómica de puestos de trabajo*. Madrid: Ediciones Paraninfo.
- Callejón, J. (2009). *Índices Ergonómicos-Psicosociales en invernaderos tipo "Almería"*. Almería: Universidad de Almería.
- Cargill. (2018). *Sobre Cargill*. Obtenido de <https://www.cargill.com/page/worldwide>
- Cargill Latinoamérica. (18 de Enero de 2017).
- Caso, A. (2006). *Técnicas de medición del trabajo*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Castillo, J. A. (2010). *Ergonomia fundamentos para el desarrollo de soluciones ergonomicas*. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.
- Champagnat, U. d. (10 de julio de 2010). *gestiopolis*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/diagrama-de-causa-efecto/>
- Chapman, S. N. (2006). *Planificación y control de la producción*. Estado de México: Pearson Educación de México S.A.
- Cuatrecasas, L. (2012). *Organización de la producción y dirección de operaciones*. Madrid: Diaz de Santos.
- Cuervo, J. (2013). *Costeo basado en actividades ABC: Gestión basada en actividades ABM*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Dayal, U. (2012). *Data Warehousing and Knowledge Discovery*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Diaz de Santos. (1997). *La Ventaja Competitiva*. Madrid: Diaz de Santos S.A.
- Domínguez, G. (s.f.). *Didáctica y aplicación de la administración de operaciones*. México: Instituto Mexicano de Contadores Públicos.
- Enfermería del Trabajo. (05 de Febrero de 2015). Prevención global. *Maquetación*, 32. Obtenido de Método de Indicadores Clave (MIC) para tareas de manipulación de cargas.
- Fernández, M. (1995). *Análisis y descripción de puestos de trabajo*. España: Diaz de Santos S.A.
- Fundación Corona. (2001). *Estrategias de producción y mercado para los servicios de salud*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

- Galgano, A. (1992). *Los siete instrumentos de la calidad total*. Madrid, España: Diaz de Santos.
- García, A. (20 de Mayo de 2019). Sistemas de Automatización. (M. Jimenez, Entrevistador)
- García, D. (1995). *Métodos cuantitativos de previsión*. España: Universidad de Oviedo.
- Gonzalez, M. Á. (2017). *Metodología ágil de emprendimiento para la creación de empresas innovadoras*. Madrid: Fundación EOI.
- Hanke, J. (2006). *Pronósticos en los negocios*. Estado de México: Pearson.
- Heizer, J. (s.f.). *Principios de administración de operaciones*. Monterrey: Pearson.
- Hernández, C. (2016). *Técnicas de planificación industrial y gestión de existencia*. Barcelona: Marge Book.
- Huertas, R. (2008). *Decisiones estratégicas para la dirección de operaciones en empresas de servicios y turísticas*. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- ITACA. (2006). *Prevención de riesgos derivados de la organización y la carga de trabajo*. Barcelona: Ediciones CEAC.
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo.
- Karwowski, W. (1999). *The Occupational Ergonomics Handbook*. Estados Unidos: CRC Press LLC.
- Krajewski, L. (2 000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. Estado de México: Pearson Educación de Mexico S.A.
- Krajewski, L. J. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. Estado de México: Pearson Educación de México S.A.
- Lee, K. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. Estado de México: Pearson Educación de México.
- Liker, J. (2017). *El modelo Toyota para la excelencia en los servicios*. Madrid: Profit Editorial .
- Loisel, P. (2013). *Handbook of Work Disability: Prevention and Management*. Nueva York: Springer.
- Manus, C. (1995). Estado de Flujos de Efectivo. *Banco Interamericano de Desarrollo*.
- Mas, J. A. (2015). *El método OWAS*. Obtenido de Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (29 de 10 de 2019). <https://www.mef.gob.pe/es/>. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/contenidos/conta_public/con_nor_co/NIC07_04.pdf
- Miravete, A. (1998). *Los transportes en la ingeniería industrial*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Miravete, A. (2004). *Transportadores y elevadores*. Barcelona: Reverté S.A.
- Muñoz, D. (2009). *Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios*. México DF: Cengage Learning Editores S.A.

- Muñoz, D. (2009). *Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios*. Mexico DF: Cengage Learning.
- Olavarrieta, J. (1999). *Conceptos generales de productividad, sistemas, normalización y competitividad para la pequeña y mediana empresa*. Mexico DF: Universidad Iberoamericana.
- Organización Internacional del Trabajo. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: Oficina de la OIT.
- Orozco, P. (2016). *Scientia Et Technica*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Ravenet, J. (1992). *Silos*. Barcelona: IMGESA.
- Render, B. (2006). *Métodos cuantitativos para los negocios*. Estado de México: Pearson.
- Schonberger, R. (1987). *Frugal Manufacturing*. Harvard.
- Sullivan, W. (2004). *Ingeniería económica de Degarmo*. Mexico: Pearson Prentice Hall.
- Tarquin, A. (2012). *Ingeniería Económica*. Mexico DF: McGraw Hill.
- Tovar, A. (2007). *CPIMC un modelo de administración por procesos*. México D.F.: Panorama.
- Ugalde, M. (25 de Junio de 2018). Seguridad ocupacional en Cobesa. (M. Jimenez, Entrevistador)
- Valencia, W. A. (1 de Enero de 2011). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81622582003.pdf>
- Velasquez, J. (Julio de 2011). *Cómo justificar proyectos de automatización*. Obtenido de *Cómo justificar proyectos de automatización*:
<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/viewFile/6093/5284>
- Villalobos, C. (23 de Abril de 2018). Determinación de tendencias de resolución de problemas. (D. Fernández, Entrevistador)

Anexos

Apéndices

Apéndice 1. Descripción del proceso

La planta de producción de Cobesa consta de dos principales áreas en función de las materias primas, las de gran volumen denominadas harinas mayores y la parte de bajo volumen, denominadas menores, entre los ingredientes mayores tenemos: maíz, soya 48 y soya integral, entre los ingredientes de bajo volumen tenemos: calcio, fosfato, pluma, harina de carne, sales.

Los ingredientes de alto volumen o harinas mayores, para un bache de producción pueden contener cantidades de 1 000 kilogramos de cada producto aproximadamente, mientras que los productos menores tienen rangos de máximo 100 kilogramos para cada bache.

La sección de harinas mayores se realiza mediante un proceso completamente automatizado, el maíz pasa del silo al molino y luego a la báscula en la que de manera automática se pesa, luego la misma máquina pesa la soya 48 y posteriormente la soya integral.

Los materiales se almacenan en la bodega de materia prima y un montacargas los transporta hasta la tarima, donde cuatro operadores los pesan con el uso de palas y básculas pequeñas, luego depositan los materiales a una cadena de transporte la cual lleva los materiales menores hasta la tolva secundaria, en donde espera que todos los materiales mayores caigan a la mezcladora, en donde ambas materias se unen, posteriormente siguen su recorrido hasta la peletizadora donde se cocina y se le da forma, luego pasa a enfriado y los camiones lo llevan a las granjas.

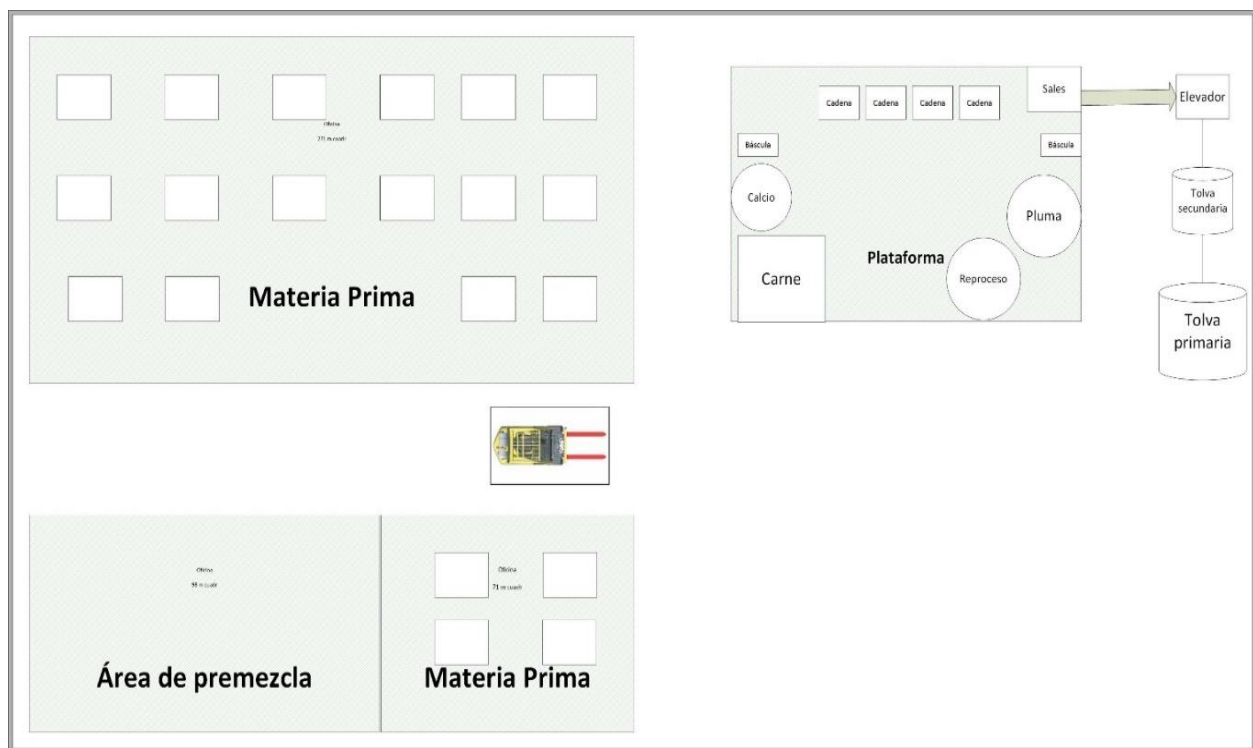


Figura 23. Diagrama de planta

Apéndice 2. Estudios de la demanda y producción (Enero 17 - febrero 18)

A continuación, se muestra el Pareto de la producción de la planta de Cobesa, con datos desde enero del 2017 hasta febrero del 2018, como se puede observar los alimentos BR4 y BR3 cumplen con el 80% de la producción total de la planta.

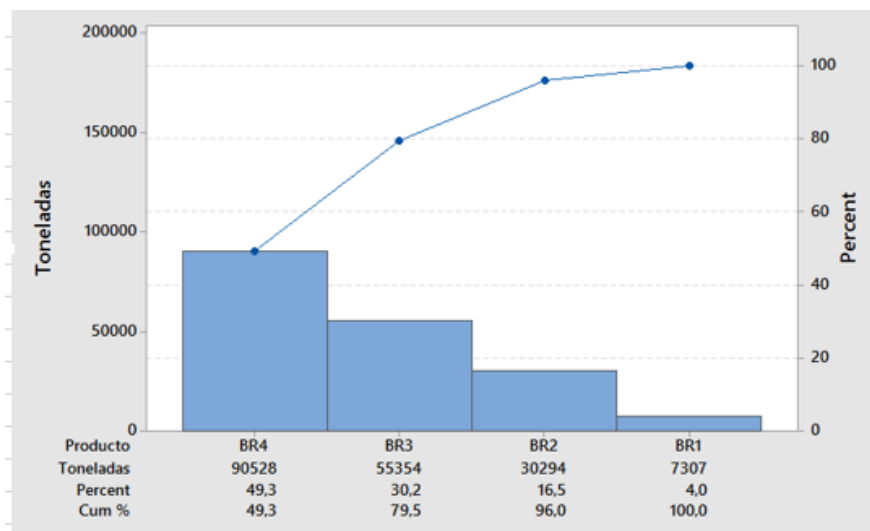


Figura 24. Pareto de productos

Apéndice 3. Estimación de tiempos estándar

A continuación, se muestra los tiempos estándares de los alimentos de BR4 y BR3 de la planta de Cobesa.

Tabla 5. Tiempo estándar BR4

Clasificación	BR4
Promedio(min)	02:07
Porcentaje de valoración	90 %
Tiempo normal (min)	01:54
Suplementos fijos	
Por necesidades personales	5 %
Base por fatiga	4 %
Suplementos variables	
Por trabajar de pie	2 %
Por postura anormal	2 %
Uso de fuerza / energía muscular	22 %
Monotonía	1 %
Total suplementos	36 %
Tiempo estándar (min)	02:36

Tabla 6. Tiempo estándar BR3

Clasificación	BR3
Promedio (mín.)	02:23
Porcentaje de valoración	85 %
Tiempo Normal (mín.)	02:01
Suplementos fijos	
Por necesidades personales	5
Base por fatiga	4
Suplementos variables	
Por trabajar de pie	2
Por postura anormal	2
Uso de fuerza / energía muscular	22
Monotonía	1
Total suplementos	36
Tiempo estándar (mín.)	02:45

Apéndice 4. Cumplimiento de la demanda (Enero 17 – febrero 18)

A continuación, se presentan los datos de la demanda del periodo de enero de 2017 a febrero de 2018, y como esta demanda es suplida por las plantas de producción de Cobesa y Sardinal.

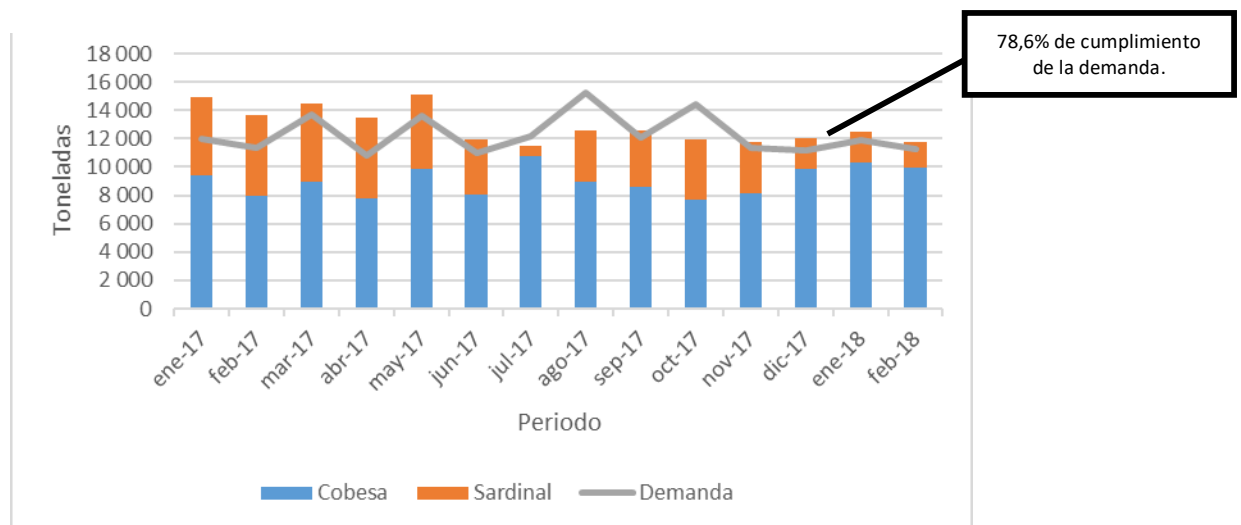


Figura 25. Producción en Cobesa y en Sardinal vs demanda

Apéndice 5. Costo de horas extra (Enero 18 – abril 18)

La Tabla 8 muestra las horas extras de los meses de enero 2018 a abril 2018 de la planta de producción de Cobesa, la tabla contiene la cantidad de horas extras, la cantidad de horas extras por persona, el costo de las horas extras y un porcentaje respecto al tiempo disponible de producción de ese mes.

Tabla 7. Cantidad de horas extras

Producción	Horas extra	Horas extra por persona	Costo (colones)	Porcentaje
ene-18	487	12,16	7 297 500,00	9 %
feb-18	501	12,53	7 515 000,00	9 %
mar-18	414	10,35	6 210 000,00	7 %
abr-18	482	12,05	7 230 000,00	9 %
Promedio	471	12	7 063 125	8,5 %

Apéndice 6. Análisis de tiempos improductivos (Enero 17 – abril 18)

La Tabla 9 muestra la cantidad de horas de tiempo improductivo del periodo de enero 2017 a abril 2018; también presenta el porcentaje que equivale al tiempo efectivo de la producción.

Tabla 8. Tiempo improductivo

Mes	Horas	Porcentaje
ene-17	29	9,8 %
feb-17	33,5	11,4 %
mar-17	24	8,2 %
abr-17	21	7,1 %
may-17	39	13,2 %
jun-17	35	11,9 %
jul-17	29	9,8 %
ago-17	16	5,4 %
set-17	32	10,9 %
oct-17	28	9,5 %
nov-17	24	8,2 %
dic-17	46	15,6 %
ene-18	56	19,0 %
feb-18	32	10,9 %
mar-18	64	21,7 %
abr-18	25	8,5 %
	33,34	11,3 %

Apéndice 7. Cálculo de error de pronóstico (Junio 17- marzo 18)

La Tabla 10 muestra el error de los pronósticos mediante el MAD (error absoluto medio) en unidades de toneladas y MAPE (error porcentual absoluto medio) como el error respecto al mes.

Tabla 9. Errores de pronóstico

Meses	MAD	MAPE
Junio	1 769,71	16 %
Julio	3 687,74	30 %
Agosto	6 099,22	40 %
Septiembre	3 191,57	26 %
Octubre	5 106,99	35 %
Noviembre	501,58	4 %
Diciembre	1 689,08	15 %
Enero	54,32	0 %
Febrero	2 206,86	20 %
Marzo	2 922,37	26 %
Promedio	2 722,94	21 %

Apéndice 8. Capacidad de cumplimiento de pronósticos

La Figura 4 muestra los pronósticos de la empresa para el periodo de abril 2018 a marzo 2019, los cuales se encuentran en toneladas y los compara con la capacidad real, capacidad estándar y capacidad potencial de la planta de producción de Cobesa.

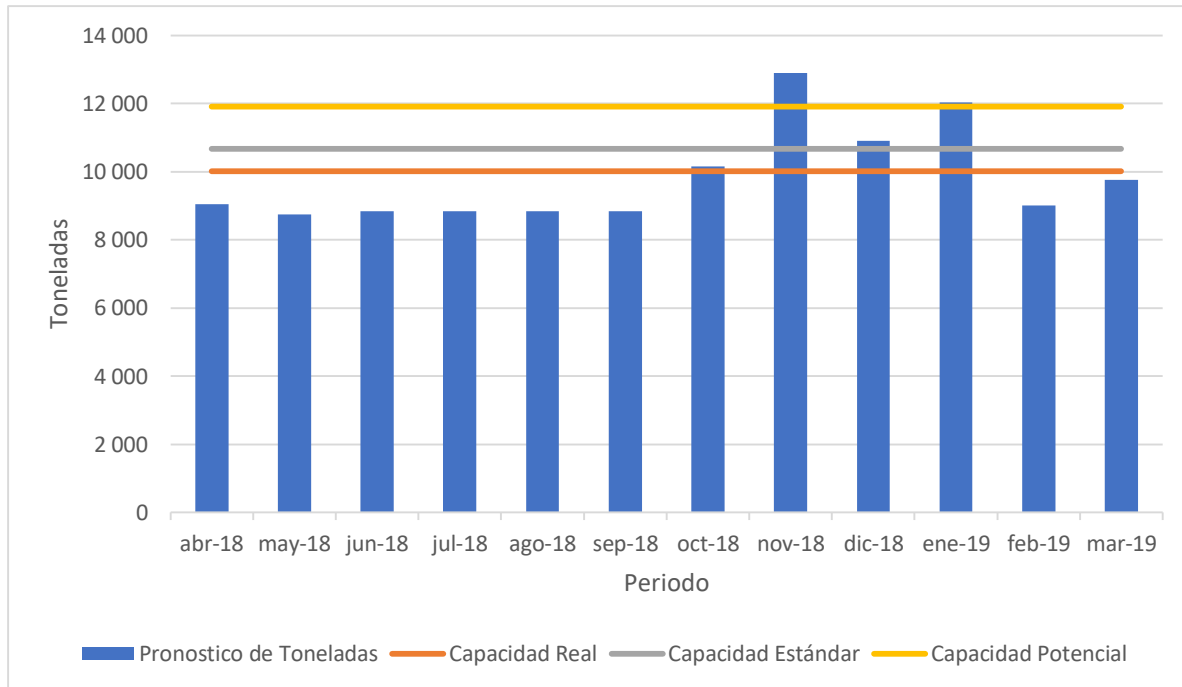


Figura 26. Pronóstico vs capacidad real, estándar y potencial

Apéndice 9. Análisis de actividades Cobesa

La Figura 5 muestra el porcentaje de las actividades de alto riesgo que se encuentran en las diferentes áreas de producción, mostrando que un 46,2 % de las actividades de alto riesgo se encuentran en Plataforma, un 23,1 % en bodega, un 23,1 % en silos y un 7,7 % en premezcla.

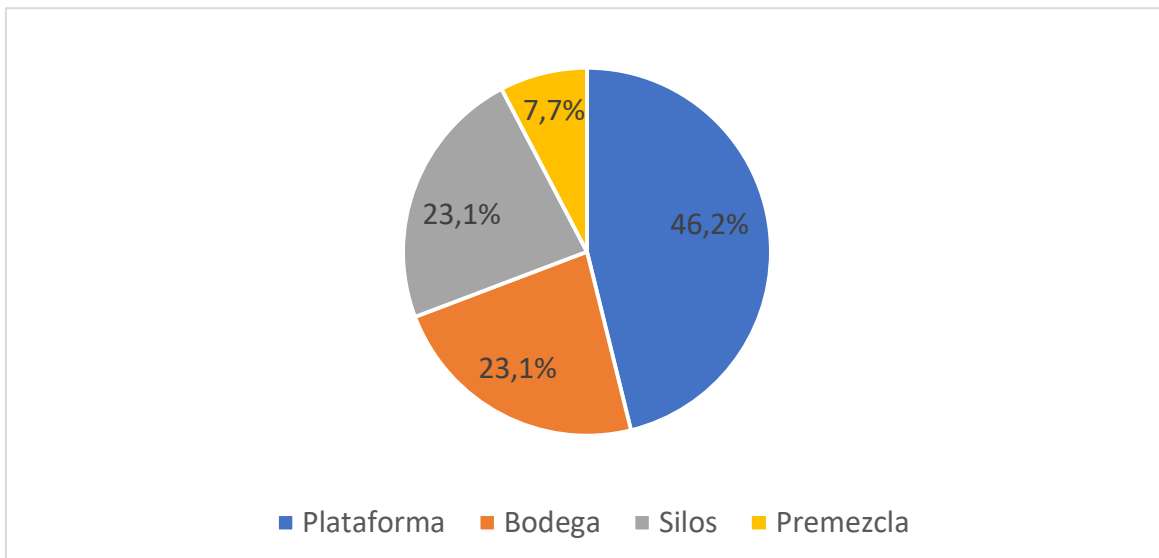


Figura 27. Porcentaje de actividades de alto riesgo

La Figura 6 muestra el total de actividades de Plataforma y las divide en dos grupos, las actividades de alto riesgo y las de riesgo bajo, ya que no existen actividades sin riesgo en este sector, por lo que se puede observar que un 75 % de actividades son de riesgo alto y un 25 % son de riesgo bajo.

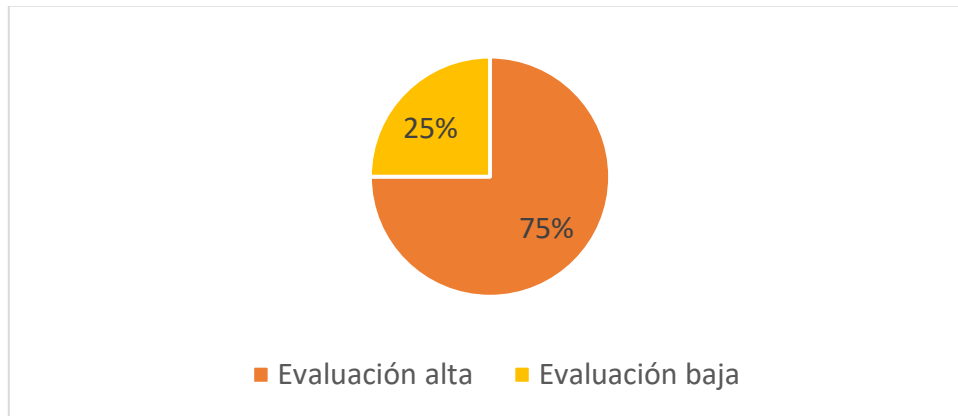


Figura 28. Evaluación ergonómica en la Plataforma de alimentación de la tolva secundaria

Apéndice 10. Cálculo de cargas de trabajo

Primeramente, esta herramienta se aplica en el área de Plataforma, luego se establece que se trabaja con operaciones de elevación o desplazamiento debido al tipo de trabajo del área y se asigna un 4 (Tabla 7).

Tabla 10. Primer paso

Primer paso:		Determinación de la puntuación del elemento tiempo			
Operaciones de elevación o desplazamiento:		Sujeción		Transporte	
Número por día de trabajo	Puntuación tiempo	Duración total en el día de trabajo	Puntuación tiempo	Duración total en el día de trabajo	Puntuación tiempo
<10	1	< 5 min	1	< 300 m	1
de 10 a < 40	2	de 5 a 15 min	2	de 300 m a < 1 km	2
de 40 a < 200	4	de 15 min a < 1 hr	4	de 1 km a < 4 km	4
de 200 a < 500	6	de 1 hr a < 2 hrs	6	de 4 km a < 8 km	6
de 500 a < 1000	8	de 2 hrs a < 4 hrs	8	de 8 km a < 16 km	8
> 1000	10	>= 4 hrs	10	> a 16 km	10

Luego se determina la puntuación de 25 para la carga de trabajo por el peso que levantan, un 4 para la postura y un 1 para la condición de trabajo (Tabla 8).

Tabla 11. Segundo paso

<i>Carga neta para los hombres</i>	<i>Puntuación carga</i>	<i>Carga neta para las mujeres</i>	<i>Puntuación carga</i>
< 10 kg	1	< 5 kg	1
de 10 a < 20 kg	2	de 5 a < 10 kg	2
de 20 a < 30 kg	4	de 10 a < 15 kg	4
de 30 a < 40 kg	7	de 15 a < 25 kg	7
> 40 kg	25	> 25 kg	25

Luego de obtener los puntajes se realiza la multiplicación de estos y se obtiene una puntuación de 120, lo cual representa que es una situación de carga alta; es probable que se produzca sobrecarga física. Es necesario volver a diseñar el lugar de trabajo (Tabla 9).

Tabla 12. Tercer paso

Tercer paso:	Evaluación
Puntuación carga:	25
+	
Puntuación postura:	4
+	
Puntuación condiciones de trabajo:	1
=	30
X	
Puntuación tiempo:	4
Puntos totales riesgo:	120

Tabla 13. Cuarto paso

Nivel de riesgo	Puntuación de riesgo	Descripción
1	< 10	Situación de baja carga, es improbable que se produzca una sobrecarga física.
2	de 10 a < 25	Situación de aumento de carga, es posible que se produzca sobrecarga física en personas menos resistentes. Para este grupo, ayudará un nuevo diseño del lugar de trabajo.
3	de 25 a < 50	Situación de gran aumento de la carga; es posible que se produzca sobrecarga física también para las personas con una resistencia normal. Se recomienda volver a diseñar el lugar de trabajo.
4	>= 50	Situación de carga alta; es probable que se produzca sobrecarga física. Es necesario volver a diseñar el lugar de trabajo.

Apéndice 11. Registro de pesaje

En la siguiente tabla se muestra el estudio de pesajes, el cual está comprendido por los productos de BR3 y BR4, en los cuales se tiene como materia prima el calcio y la pluma, las cuales se encuentran en común

entre los dos productos y además se tiene datos de fosfato solo para BR3, el promedio de datos tomados erróneamente es de 68%.

Tabla 14. Registro de pesaje

Tipo de alimento		Buenos	Malos
BR2	Calcio	39 %	61 %
	Pluma	28 %	72 %
	Fosfato	19 %	81 %
BR4	Calcio	28 %	72 %
	Pluma	48 %	52 %

Apéndice 12. Entrevistas determinación de tendencias

Entrevistado 1: Christiam Villalobos

Puesto: Gerente plantas de alimentos C.R.

Entrevistado 2: Rafael Ángel Arroyo

Puesto: Superintendente de Producción

Tendencia de automatización en la resolución de problemas.

1. ¿Anteriormente se han detectado problemas con falta de capacidad de producción para suplir la demanda?

Entrevistado 2:

“En esta se área se han hecho una serie de modificaciones para tratar de evitar el cuello de botella, las dos máquinas pellet deben correr a 42 toneladas por lo que la zona de trabajo (Plataforma) debe estar por arriba de esa cantidad de las toneladas.”

Entrevistado 1:

“Si básicamente por la zona en la que está ubicada la planta ya que se deben cumplir limitaciones en los horarios lo cual compromete la necesidad total de alimento que se requiere para la empresa.”

2. ¿Cómo han solucionado estos problemas de falta de capacidad?

Entrevistado 2:

“En Junio del año se hizo una modificación para que la aplicación directamente a las mezcladoras y se evitara una verificación de la pesa. Anteriormente la verificación se hacía en tolva de materias primas mayores lo cual atrasaba el sistema cerca de 60 segundos.”

Entrevistado 1:

“Con soporte de otras plantas del medio afectando el costo y calidad.”

3. ¿Razón principal por la que se decidió automatizar la mayor parte de la planta?

Entrevistado 2:

“Para mejorar rendimientos y tener un mayor control en las diferencias de inventario. Lo ideal en cuanto a rendimientos sería estar por arriba de las 45 toneladas por hora y que la diferencia de inventarios no exceda el 0.5%.”

Entrevistado 1:

“Considero que en producciones actuales y dadas la cantidad de mecanismos que se pueden adquirir y automatizar te da una tranquilidad y estabilidad de proceso dando beneficios de calidad, disminución de variabilidad y costo.”

4. ¿Estuvo presente en el proceso de automatización de la mayor parte de la planta?

Entrevistado 2:

“En todos los cambios he estado presente incluso los cambios han sido sugeridos a la gerencia para la mejora y poder llegar a las necesidades requeridas por los pedidos de alimento, así como los rendimientos de las Peletizadoras.”

Entrevistado 1:

“Correcto de hecho es una etapa en la que considero vital la participación para poder dejar sus operaciones con los controles y a satisfacción.”

5. ¿Qué tanto mejoró la producción tras la automatización? En términos de capacidad, calidad, ahorros.

Entrevistado 2:

“Los rendimientos de planta antes de hacer los ajustes llegaba a 32 toneladas por hora y eso era lo que se requería para dar a abasto con las peletizadoras Rosall.”

Entrevistado 1:

“En términos de costo se tuvo una leve mejora, pero al final el enfoque era a disminuir variabilidad y tranquilidad en temas de calidad, básicamente exactitud de dosificación.”

6. ¿Hubo mejora en los registros de incapacidades con la automatización?

Entrevistado 2:

“Con la puesta en marcha de la Plataforma (aplicación manual de materias primas) se dieron muchas inconformidades por la reacción al cambio, ya que la gente tenía muchos años de trabajar de la misma manera. Se han reportado dos incidentes y uno de ellos solo es aplicable a la Plataforma de trabajo.”

Entrevistado 1:

“En realidad no ya que es una planta muy estable con los temas de salud ocupacional.”

7. ¿En qué porcentaje (un aproximado) mejoró la situación general de la organización?

Entrevistado 2:

“Se está utilizando de manera más eficiente el recurso humano, ya que anteriormente uno de ellos debía halar la romana portátil o carrito.”

Entrevistado 1:

“A nivel de la organización se ganó confianza en nuestro cliente y mayor tranquilidad en los procesos.”

8. ¿Existen intenciones de automatizar la Plataforma de alimentación de la tolva secundaria (el área de carritos)?

Entrevistado 2:

“Si claro ya que se necesita aumentar la eficiencia de la planta de harinas para aprovechar más la capacidad de las dos peletizadoras y de los equipos que en conjunto pueden ir arriba de 45 toneladas por hora.”

Entrevistado 1:

“Si claro considero que es el paso que debemos realizar.”