

**Propuesta de Diseño de una Línea de Producción Piloto para la Fabricación de Elementos
de Concreto Prefabricados en PRETECOR Ltda.**

Angie Sthefanny Arias Torres, María Juliana Vanegas Becerra

Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Industrial

Director:

Ingeniero Fabio Adolfo Velasco Sossa

Msc. Administración de empresas.

Codirector

Edwin Alberto Garavito

Msc. Ing. Industrial.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga, Santander

2018

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios porque sin él este logro no hubiera sido posible. Gracias a él por ser mi apoyo constante y por darme la fuerza para seguir cuando más lo necesité.

Agradezco a mis papás por ser mi mayor motivación todos los días, por apoyarme incondicionalmente durante todos estos años de carrera, y por su lucha constante por mi bienestar. Gracias por hacer de mí la profesional que soy hoy.

Agradezco a toda mi familia por creer en mí y darme siempre las mejores palabras de aliento para seguir.

Agradezco a mis amigos por llenar mi vida de alegría y por brindarme su apoyo.

Angie Sthefanny Arias Torres

A Dios, a ellos, a él, por ellos y para ellos.

María Juliana Vanegas Becerra

Agradecemos a los profesores Fabio y Edwin, por orientarnos con sus conocimientos y por su disposición a ayudarnos siempre.

Agradecemos a Pretacor Ltda., por abrirnos sus puertas, haber confiado en nuestras capacidades y permitirnos desarrollar este proyecto

Tabla de contenido

Introducción	21
1. Planteamiento del problema	24
2. Objetivos	26
2.1 Objetivo General.....	26
2.2 Objetivos Específicos.....	26
3. Marco de Referencia	27
3.1 Marco de Antecedentes	27
3.2 Marco Conceptual	29
3.3 Marco Teórico.....	30
3.3.1 Mejoramiento de Procesos.....	30
3.3.2 Productividad.....	31
3.3.3 Ingeniería de Métodos.....	33
3.3.4 Diseño del Trabajo.....	34
3.3.5. Distribución de Planta.....	35
3.3.6 Simulación.....	36
3.3.7 Capacidad Instalada.....	38
4. Metodología del proyecto	39
5. Generalidades del Proyecto.....	41
5.1 Identificación de la Empresa.....	41
5.1.1 Nombre de la Empresa.....	41

5.1.2 Misión.....	41
5.1.3 Visión 2021.....	41
5.1.4 Logo de la Empresa.....	41
5.1.5 Localización de la Planta.....	42
5.1.6 Objeto Social.....	42
5.1.7 Portafolio de Productos.....	43
5.1.8 Maquinaria.....	44
5.1.9 Mapa de Procesos de la Empresa.....	44
5.2 Descripción del proceso productivo.....	44
5.2.1 Descripción de máquinas y equipos implicados en el proceso.....	44
5.2.2 Descripción de las actividades principales.....	47
5.2.3 Secuencia del proceso de producción actual.....	48
6. Diagnóstico de la Empresa.....	48
6.1 Metodología del Diagnóstico.....	48
6.1.1 Visitas a las Instalaciones.....	49
6.1.2 Revisión de Proyectos/Documentos e Historial.....	49
6.1.3 Entrevistas, Encuestas y Recopilación de Información.....	49
6.1.4 Diagnóstico Proceso Actual.....	50
6.1.5 Diagnóstico Distribución Planta.....	50
6.2 Diagnóstico del Proceso productivo Actual.....	50
6.2.1 Diagnóstico del Proceso Productivo.....	51
6.2.2 Diagrama Causa-Efecto o Ishikawa.....	51
6.2.3 Análisis de Despilfarros.....	55

6.2.4 Análisis de Encuestas.....	59
6.3 Diagnóstico del Diseño de Planta	60
6.3.1 Distribución Actual Planta de Producción.....	60
6.3.2 Requisitos de Infraestructura.	63
6.3.3 Diagrama de Recorrido.....	66
6.3.4 Diagrama Spaghetti.....	68
6.4 Diagnóstico Capacidad Productiva	69
6.4.1 Estudio de Tiempos.....	69
6.4.2 Análisis de Demanda.	72
6.4.3 Cálculo de la Capacidad Productiva	74
6.5 Resultados del Diagnóstico.....	77
6.5.1 Análisis de Productividad de Líneas de Producción.....	80
7. Evaluación de tecnología.	81
7.1 Diagnóstico: Identificar las necesidades de información requerida.....	82
7.1.1 Procesos críticos actuales.....	83
7.1.2 Caracterización de los equipos críticos actuales.....	85
7.1.3 Actividades críticas.....	86
7.2 Estrategia de búsqueda.....	88
7.2.1 Objetivo de la búsqueda de información.....	88
7.2.2 Selección de fuentes de información.	89
7.3 Recolección de información.....	90
7.3.1 Tecnologías aplicadas en el mercado actual.	91

7.3.2 Empresas comerciales disponibles en el mercado.	91
7.3.3 Equipos implementados para el desarrollo de las tecnologías elegidas.	94
7.3.4 Solicitud de información técnica de los equipos.....	95
7.4 Análisis de la información obtenida.....	95
7.5 Documentación de los resultados obtenidos	98
8. Propuesta de distribución.....	98
8.1 Diagnóstico de distribución actual.	99
8.2 Localización	102
8.3 Plan de distribución general.....	103
8.3.1 Análisis de demanda.	103
8.3.2 Flujo material.	104
8.3.3 Tabla Relación de actividades.....	107
8.3.4 Diagrama Relación de actividades.....	109
8.3.5 Necesidades de espacio.....	109
8.4 Propuestas de diseño.	110
8.4.1 Propuesta modelo N° 1.	112
8.4.2 Propuesta modelo N° 2.	113
8.4.3 Propuesta modelo N° 3.	114
8.4.4 Comparación de propuestas.	115
8.6.5 Costos modelos.	117
8.4.6 Ajustes implementados	117
8.5 Diagrama de espacios.....	118

8.5.1 Áreas propuestas de diseño.....	119
8.6 Simulación	119
8.6.1 Generalidades de la simulación.....	119
8.6.1 Definición del problema.....	120
8.6.2 Objetivos simulación.....	120
8.6.3 Modelo conceptual.....	120
8.6.4 Simulación de los tres modelos.....	124
9. Comparación resultados.....	131
9.1 Análisis y presentación de resultados	132
10. Conclusiones	139
11. Recomendaciones	142
Referencias Bibliográficas	143

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Conceptos a Utilizar en el Diseño de la Línea de Producción.</i>	29
Tabla 2. <i>Metodología Propuesta para Cumplimiento de los Objetivos Planteados.</i>	39
Tabla 3. <i>Identificación de la Empresa.</i>	41
Tabla 4. <i>Portafolio de productos.</i>	43
Tabla 5. <i>Descripción Postes en Concreto.</i>	43
Tabla 6. <i>Descripción maquinaria y equipo del proceso.</i>	45
Tabla 7. <i>Distribución de los Moldes de Producción para cada Línea.</i>	47
Tabla 8. <i>Conceptos del Proceso de Producción de Postes.</i>	47
Tabla 9. <i>Datos Relevantes Información Obtenida del Diagrama Causa Efecto.</i>	55
Tabla 10. <i>Despilfarros Detectados en el proceso productivo de Pretector Ltda.</i>	56
Tabla 11. <i>Resumen Porcentajes Presencia de Despilfarros.</i>	57
Tabla 12. <i>Normativa dispuesta en la resolución 2400 de 1979.</i>	64
Tabla 13. <i>Espacio entre Formaletas Existente en cada Línea de Producción.</i>	65
Tabla 14. <i>Distancias Recorridas en Metros entre los Centros y las Líneas de Producción.</i>	69
Tabla 15. <i>Tiempo Tipo en horas para cada Línea del Proceso Productivo para las Referencias 8, 12 y 14.</i>	71
Tabla 16. <i>Comparación datos cuantitativos líneas de Producción 1, 2, 3 y 4.</i>	80
Tabla 17. <i>Comparación cualitativa líneas de Producción 1, 2, 3 y 4.</i>	80
Tabla 18. <i>Deficiencias en los procesos críticos actuales.</i>	84
Tabla 19. <i>Características procesos críticos actuales.</i>	85
Tabla 20. <i>Ficha técnica de herramientas de búsqueda.</i>	89
Tabla 21. <i>Ficha técnica de herramientas de documentación.</i>	90
Tabla 22. <i>Empresas proveedoras.</i>	92
Tabla 23. <i>Nombres comerciales de los equipos tecnológicos.</i>	94
Tabla 24. <i>Criterios de evaluación selección de equipos tecnológicos.</i>	97
Tabla 25. <i>Factores generales del proceso actual tenidos en cuenta.</i>	101
Tabla 26. <i>Capacidad por línea de producción</i>	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 27. <i>Resumen de ventas para los años 2016 y 2017 por referencias de postes.</i>	104

Tabla 28. <i>Comparación entre el proceso actual y el proceso propuesto para la producción de postes</i>	106
Tabla 29. <i>Relación entre los diferentes departamentos</i>	107
Tabla 30. <i>Motivo de relación entre los diferentes departamentos</i>	107
Tabla 31. <i>Relación de los procesos</i>	108
Tabla 32. <i>Área total requerida propuestas de diseño</i>	116
Tabla 33. <i>Área total requerida propuestas de diseño</i>	119
Tabla 34. <i>Identificación de entidades dinámicas y fijas del modelo</i>	122
Tabla 35. <i>Ítem type de las entidades</i>	123
Tabla 36. <i>Desplazamientos realizados para cada modelo</i>	125
Tabla 37. <i>Tiempo tipo para cada modelo propuesto</i>	127
Tabla 38. <i>Porcentaje diferencia tiempo de producción diario</i>	128
Tabla 39. <i>Resultados cantidad de postes por modelo para cada referencia</i>	129
Tabla 40. <i>Comparación de resultados</i>	130
Tabla 41. <i>Cantidad de postes producidos proceso actual</i>	132
Tabla 42. <i>Metros cúbicos producidos diariamente en el proceso actual</i>	133
Tabla 43. <i>Comparación línea piloto con las líneas actuales de producción</i>	134
Tabla 44. <i>Resultados comparación línea piloto con las líneas actuales de producción</i>	134
Tabla 45. <i>Resultados comparación de tiempos de producción en porcentaje entre línea piloto con las líneas actuales de producción</i>	135
Tabla 46. <i>Resultados comparación en porcentaje línea piloto con las líneas actuales de producción</i>	136

Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Logo de la empresa. Identificación del logo de la empresa Pretector Ltda. Tomada de la empresa.	41
<i>Figura 2.</i> Localización de la Planta de Concreto..	42
<i>Figura 3.</i> Formaleta para postes	45
<i>Figura 4.</i> Noyo para postes.....	45
<i>Figura 5.</i> Puente grúa.....	45
<i>Figura 6.</i> Mini-cargador.	45
<i>Figura 7.</i> Mezcladora y dosificadora.....	46
<i>Figura 8.</i> Cortadora de acero.....	46
<i>Figura 9.</i> Espiraladora.....	46
<i>Figura 10.</i> Gato hidráulico.....	46
<i>Figura 11.</i> Secuencia del proceso actual.	48
<i>Figura 12.</i> Diagrama Ishikawa o Causa Efecto.	51
<i>Figura 13.</i> Diagrama Radial de Despilfarros.....	58
<i>Figura 14.</i> Diagrama de Áreas Planta de Producción de postes en Concreto. Adaptado de Pretector Ltda.	62
<i>Figura 15.</i> Diagrama Recorrido Línea 4. Adaptado de Pretector Ltda.....	67
<i>Figura 16.</i> Diagrama Spaghetti. Adaptado de Pretector.....	68
<i>Figura 17.</i> Ventas de Postes en Concreto para los Años 2016 y 2017 en Pretector Ltda.....	72
<i>Figura 18.</i> Pareto Ventas Años 2016 y 2017 de Postes en Concreto en Pretector Ltda.....	73

<i>Figura 19.</i> Capacidad Instalada y Utilizada para cada una de las Líneas para las Referencias de Postes 8, 12 y 14.	74
<i>Figura 20.</i> Metodología general de búsqueda para los equipos tecnológicos..	82
<i>Figura 21.</i> Repartición de actividades total en % para las líneas 1 y 2 (escenario 1)..	87
<i>Figura 22.</i> Repartición de actividades total en % para las líneas 3 y 4 (escenario 2)..	88
<i>Figura 23.</i> Ubicación empresas seleccionadas.....	93
<i>Figura 24.</i> Estrategia seguida para abordar la evaluación de equipos y tecnología disponibles..	96
<i>Figura 25.</i> Esquema general Diseño de Plantas SLP.....	99
<i>Figura 26.</i> Áreas de la planta de producción de poste en concreto enfocadas en la producción.	101
<i>Figura 27.</i> Tiempo tipo para cada referencias por línea de producción.....	102
<i>Figura 28.</i> Nueva secuencias del proceso de producción de postes para Pretecor Ltda.....	105
<i>Figura 29.</i> Diagrama de relación de actividades del proceso de producción de postes en concreto propuesto para Pretecor Ltda.	108
<i>Figura 30.</i> Diagrama de relación de actividades de las tres propuestas..	109
<i>Figura 31.</i> Plano primer modelo propuesto para la producción de postes en concreto para Pretecor Ltda..	113
<i>Figura 32.</i> Plano segundo modelo propuesto para la producción de postes en concreto para Pretecor Ltda..	114
<i>Figura 33.</i> Plano tercer modelo propuesto para la producción de postes en concreto para Pretecor Ltda..	115
<i>Figura 34.</i> Diagramas de espacio de las propuestas de diseño.....	118

Lista de apéndices

Ver apéndices adjuntos en el CD)

Apéndice 1. Descripción de la empresa	
Apéndice 2. Revisión matricula y asistencia a una sustentación de proyecto de grado	
Apéndice 3. Carta presentación	
Apéndice 4. Hoja de vida .. tutor de la empresa.....	
Apéndice 5. Carta empresa	
Apéndice 6. Descripción máquina y equipo actual.....	43
Apéndice 7. Mapa de procesos de la empresa	44
Apéndice 8. Organigrama de la empresa	44
Apéndice 9. Descripción del proceso productivo	47
Apéndice 10. Actas reuniones.....	49
Apéndice 11. Modelo simulación proceso actual.	49
Apéndice 12. Gráficas análisis valor añadido y no añadido del proceso de producción de elementos en concreto.....	50
Apéndice 13. Encuesta operarios.....	50
Apéndice 14. Estudios de tiempos premuestra	50
Apéndice 15. Análisis de capacidad líneas de producción Pretector Ltda.	50
Apéndice 16. Entrevista supervisor	50
Apéndice 17. Informe de evaluaciones ambientales.....	55
Apéndice 18. Valores límites permisibles para la exposición ocupacional a ruido continuo o intermitente	55
Apéndice 19. Lista chequeo despilfarros	58

Apéndice 20. Área de producción actual	61
Apéndice 21. Plano planta concreto Pretector Ltda.	62
Apéndice 22. Plano líneas de producción	62
Apéndice 23. Validación estudio de tiempos	71
Apéndice 24. Cálculo tiempo tipo.....	72
Apéndice 25. Análisis demanda Pretector Ltda.	74
Apéndice 26. Caracterización de los equipos críticos actuales.....	87
Apéndice 27. Análisis de las tecnologías aplicadas en el mercado actual.	92
Apéndice 28. Preselección de equipos.....	95
Apéndice 29. Información técnica solicitada a las empresas proveedoras vía correo electrónico.	96
Apéndice 30. Cotizaciones recibidas.....	97
Apéndice 31. Información técnica recibida vía correo electrónico	97
Apéndice 32. Fichas técnicas equipos encontrados.....	99
Apéndice 33. Fichas técnicas equipos seleccionados.	99
Apéndice 34. Diagramas diseño de planta	109
Apéndice 35. Planos modelos preseleccionados.....	111
Apéndice 36. Resumen equipos seleccionados para cada modelo de distribución.....	113
Apéndice 37. Modelos seleccionados para la simulación.....	118
Apéndice 38. Diagrama de flujo de proceso modelos seleccionados	125
Apéndice 39. Simulación modelos propuestos	125
Apéndice 40. Diagrama de recorrido de los modelos seleccionados.....	126
Apéndice 41. Tiempos modelos propuestos	128

Apéndice 42. Resultados Simulación modelos propuestos..... 130

Apéndice 43. Resultados Simulación del proceso actual de Pretecor Ltda 133

RESUMEN

TÍTULO: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PILOTO PARA LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS DE CONCRETO PREFABRICADOS EN PRETECOR LTDA.

AUTORES: Angie Sthefanny Arias Torres, María Juliana Vanegas Becerra. **

PALABRAS CLAVES: Simulación, Diseño de plantas, Productividad, Capacidad, Despilfarro, Producción en cadena, Tecnología.

DESCRIPCIÓN: Actualmente, la simulación de procesos productivos le permite a las organizaciones experimentar mejoras y nuevas propuestas para sus sistemas reales de producción o de servicios por medio de la simulación computarizada, brindando la ventaja de poder ver el posible comportamiento de una propuesta antes de su implementación y permitiendo analizar su viabilidad para tomar una decisión basada en la generación de datos, evitando invertir tiempo y costos innecesarios.

Por medio del presente proyecto se busca estudiar la viabilidad de realizar una propuesta de diseño de una línea piloto automatizada para la producción de postes en concreto pretensado en Pretecor Ltda., con la cual se busca generar un modelo de proceso menos artesanal, automatizado en gran medida a través de un sistema de transporte continuo, y que permita incrementar la productividad en un menor espacio. Como punto de partida se realizó un diagnóstico del proceso productivo actual, a través de un análisis cuantitativo y cualitativo, con el fin de identificar la situación actual de la empresa y definir los procesos críticos existentes; seguido de la búsqueda y evaluación de tecnología comercial, a partir de la cual se plantearon tres propuestas de distribución de planta para la adecuación de la línea de producción piloto; y por último la evaluación de las propuestas obtenidas mediante la herramienta de simulación Flexsim.

Finalmente se evidencia los objetivos alcanzados con la propuesta de diseño elegida y las ventajas que tiene frente al proceso de producción actual.

* Proyecto de grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudio Industriales y Empresariales. Director: M.Sc. Fabio Adolfo Velazco Sossa. Codirector: M.Sc. Edwin Alberto Garavito Hernández.

ABSTRACT

TITLE: PROPOSAL OF DESIGN OF A PILOT PRODUCTION LINE FOR THE FABRICATION OF PREFABRICATE CONCRETE ELEMENTS IN PRETECOR LTDA.

AUTHORS: Angie Sthefanny Arias Torres, María Juliana Vanegas Becerra. **

KEYWORDS: Simulation, Systematic Layout Planning, Productivity, Capacity, Waste, Production line system, Wasted, Technology.

DESCRIPTION: Nowadays, the simulation of productive processes allows organizations to experiment with better and newer proposals for their real production systems or for services through means of computer simulations, proving the advantage of being able to see the possible behavior of a proposal before its implementation and allowing analysis of its viability for making a decision based on data generation, avoiding investing unnecessary time and costs.

This document looks to investigate the viability of implementing a design proposal from a automated pilot line for the production of concrete posts presented in pretecor Ltda., with which the intention is to generate a model for a less artesanal system, automated for the most part through a continuous transport system, and that allows incrementation of productivity in a lesser space.

As a starting point there was a diagnostic of the actual productive process, through a quantitative and quality analysis, with the end objective of identifying the actual situation of the company and defining the existing critical processes; followed by the search and evaluation of commercial technologies, starting from which three plant distribution proposals for the adequacy of the production pilot line were planted; and last the evaluation of the proposals obtained the simulation tool flexsim.

Finally the reached objectives with the chosen design proposal and the advantages that face the actual production process are evident.

* Degree project.

** Faculty of Physics mechanical Sciences. School of Industrial and Business Studies. Director: M.Sc. Fabio Adolfo Velazco Sossa. Codirector: M.Sc. Edwin Alberto Garavito Hernández.

Introducción

En la actualidad tanto las industrias manufactureras como de servicios han visto la importancia que tiene trabajar en una mejora continua por causa del comportamiento del entorno, los clientes, la sociedad que se encuentra en un cambio constante, es por ello que las empresas deben someterse y estar preparadas para los cambios, generándose así desafíos y competencias en las industrias, en donde cada una busca catalogarse en los primeros lugares, en obtener clientes leales con productos de calidad, al entender que el cliente es lo primero. Por ello una organización debe tener conocimiento pleno de sí misma y de su entorno, es decir, identificar fortalezas, amenazas, debilidades y hacer que éstas se conviertan en una oportunidad para mejorar los productos y expandir los portafolios de productos y/o servicios, creando ambientes agradables que aseguren la salud del trabajador, con un adecuado diseño de su planta para ser más productivos y hacer entregas a tiempo además de cumplir con los requerimiento de los clientes.

Basado en las anteriores razones PRETECOR LTDA, ha venido trabajando con la filosofía Lean Manufacturing con el fin de hacer que ésta sea una cultura en su organización, además ha trabajado continuamente en diferentes proyectos, los cuales les ha permitido mejorar sus procesos; actualmente se encuentra en búsqueda de mejorar su capacidad instalada, expansión de su portafolio de productos y un adecuado diseño y distribución de su proceso productivo. Sumado a esto la empresa debe prepararse para el traslado de una de sus plantas de producción de postes en concreto, por causa del crecimiento de la zona residencial y el tipo de proceso que se lleva a cabo en ésta.

Pretecor Ltda, es una empresa dedicada a la producción de elementos prefabricados en concreto y fibra de vidrio y por la calidad de sus productos y visión, es consciente de las mejoras y adecuaciones que debe implementar para poder catalogarse entre las tres primeras empresas líderes en el mercado, como se proyecta en unos años, perfeccionando así su proceso productivo, disminuyendo desplazamientos innecesarios, y aumentando su productividad. Para ello se plantea éste proyecto, el cual tiene como resultado final dentro su alcance, diseñar una línea piloto de producción automatizada, con base en herramientas cuantitativas y cualitativas propias de la metodología utilizada en el mejoramiento de procesos.

Este documento tiene como objetivo abordar inicialmente el problema de forma detallada, mediante el planteamiento y análisis del mismo, además de realizar una verificación de los objetivos que se esperan cumplir en el desarrollo del proyecto, y generar finalmente un plan que permita conocer la forma en que se ejecutará, controlará y se cerrará el proyecto. Para esto se tendrán en cuenta el alcance del proyecto y los resultados que se esperan obtener, además de la descripción de las actividades a realizar organizadas en el cronograma de realización del proyecto.

Tabla de cumplimiento de objetivos

Objetivo	Cumplimiento
Realizar un diagnóstico del proceso productivo actual de elementos en concreto basado en un análisis de la capacidad instalada y en la caracterización de los procesos.	Capítulo 6
Realizar una evaluación de la tecnología disponible que pueda apoyar el proceso de producción de elementos de concreto prefabricados.	Capítulo 7
Formular una propuesta de diseño y distribución para la línea piloto que sirva como referente para la adecuación del proceso productivo.	Capítulo 8
Evaluar el desempeño de la línea piloto propuesta en el diseño respecto al proceso actual, mediante el uso de la herramienta de simulación FlexSim.	Capítulo 9

1. Planteamiento del problema

Pretecor Ltda. Es una empresa dedicada a la fabricación de postes y estructuras en Concreto pretensado y fibra de vidrio. Lleva más de 35 años de experiencia en el mercado, y actualmente cuenta con tres plantas de producción, dos de éstas dedicadas a la fabricación de postes y estructuras en concreto pretensado y una a la producción de postes y estructuras de poliéster reforzado con fibras de vidrio. La empresa se ha catalogado entre las cinco mejores en el sector de comercialización y distribución de productos prefabricados, por lo cual busca no solo seguir manteniendo su posición en el mercado, sino también seguir mejorando en sus procesos y servicio y catalogarse como la mejor del país.

Los productos fabricados por Pretecor Ltda, se caracterizan por su excelente calidad, sin embargo, el proceso que actualmente se lleva a cabo en la producción de los elementos en concreto prefabricados, es un proceso artesanal, que cuenta con poca tecnología, y que por su diseño y distribución, requiere de largos desplazamientos, de un gran esfuerzo físico y un riesgo elevado para los operarios.

Estos factores, sumados al aumento de la competencia y al gran desarrollo tecnológico que hoy se incorpora al sector productivo de este mercado, impulsaron a los directivos de la empresa a explorar nuevas oportunidades, entre estas, la posibilidad de expandir su planta de producción, con el objetivo de satisfacer la demanda que exige el mercado actual. Posibilidad que se vio reducida hace 4 años, debido a una modificación contemplada en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Piedecuesta, Santander, respecto al uso del suelo, el cual incluyó nuevos suelos

para la expansión urbana. Debido a esto Pretecor Ltda. decidió adquirir un nuevo lote en la vereda de Guatiguará ubicada en el municipio de Piedecuesta, con el propósito de trasladar allí su planta de producción de elementos de concreto, proceso que se encuentra en espera de obtener la autorización del POT requerida para llevarlo a cabo. Con base en estas circunstancias la empresa decidió emprender un proyecto del cual ha prescindido desde años atrás, que tiene que ver directamente con el mejoramiento de su proceso productivo. Con este mejoramiento busca que mediante la implementación de nueva tecnología en su proceso de producción y por medio de un mejor diseño y distribución del mismo, se pueda generar un modelo de proceso menos artesanal, automatizado en gran medida, y que permita incrementar la productividad en un menor espacio (m^2).

Este proyecto se realiza con el objetivo de plantear una propuesta de diseño para una línea de producción piloto, como base para su futura implementación en la planta de producción actual, por parte de la empresa. Esta tendrá como objetivo eliminar todo aquello que no genera valor, como lo son, desplazamientos, esperas, despilfarros, esfuerzo físico y elevados tiempos de producción, generando así una mayor productividad.

Para su desarrollo se plantearán inicialmente tres modelos de diseño para la línea de producción piloto, los cuales serán evaluados mediante la herramienta de simulación FlexSim, con el objetivo de elegir según los resultados obtenidos, la propuesta de diseño idónea para la adecuación de la línea de producción piloto que sirva como referente para la adecuación del proceso productivo de elementos en concreto prefabricados.

2. Objetivos

A continuación se enuncian el objetivo general con sus respectivos objetivos específicos, para dar cumplimiento a la necesidad dada en Pretector Ltda.

2.1 Objetivo General.

Proponer el diseño de una línea de producción piloto para la fabricación de elementos de concreto prefabricados en Pretector Ltda.

2.2 Objetivos Específicos.

- Realizar un diagnóstico del proceso productivo actual de elementos de concreto basado en un análisis de la capacidad instalada y en la caracterización de los procesos.
- Realizar una evaluación de la tecnología disponible que pueda apoyar el proceso de producción de elementos de concreto prefabricados.
- Formular una propuesta de diseño y distribución para la línea piloto que sirva como referente para la adecuación del proceso productivo.
- Evaluar el desempeño de la línea piloto propuesta en el diseño respecto al proceso actual, mediante el uso de la herramienta de simulación FlexSim.

3. Marco de Referencia

3.1 Marco de Antecedentes

Para ampliar la perspectiva ante posibles soluciones para el proyecto planteado, se hizo la revisión de tres proyectos con un problema afín a la situación, para así poder determinar las propuestas de diseño, la metodología de selección de la propuesta y los factores a analizar.

Hernández Alejandro M. (2012), desarrolló un proyecto sobre Diseño de planta titulado “Diseño de la línea de producción para la elaboración de la presentación de 155 gramos”, el cual se basó principalmente en una propuesta para el desarrollo e implementación de una línea de producción para la elaboración de los principales productos comercializados por la empresa Casabe Gourmet, específicamente para la presentación de 155 gramos. Entre sus objetivos se realizó un análisis detallado del proceso productivo con el fin de identificar las fases y componentes de éste, en donde se identificaron problemas en los niveles de producción, debido a que se encontraban por debajo de los requerimientos del mercado, por lo cual se dio el planteamiento de dicho proyecto. Así mismo se desarrolló una investigación de tecnología automatizada que contribuyera en el proceso, debido a que como Hernández lo indica la elaboración del casabe se ha venido ejecutando de una forma artesanal con herramientas rudimentarias y poco ergonómicas, del cual poca investigación se ha llevado a cabo respecto a la automatización e industrialización de los procesos productivos basados en la elaboración de Casabe. Para finalmente caracterizar el proceso, teniendo en cuenta los estándares de calidad, tiempos, dimensiones, materiales, equipos, maquinaria, tecnología todos encaminados en contribuir al mejoramiento del proceso.

Por otro lado, Benedicto (2012), desarrollo el trabajo titulado “Diseño y simulación de una línea de producción para el laboratorio de ambiente real de manufactura de la escuela de Estudio Industriales y Empresariales de la universidad”, por medio del cual se encargó de realizar el diseño de una línea de producción, para la construcción de un espacio real previamente propuesto. Dentro de su metodología realizó propuestas referentes a la distribución del espacio y del proceso productivo general, además de la simulación de la línea de producción, con el fin de evaluar de manera gráfica el comportamiento real del proceso dentro de las instalaciones en cuestión. Aunque este proyecto no está dentro de la misma línea de elementos de construcción, es de utilidad la metodología empleada para su ejecución, el cual incluye el diagnóstico del proceso productivo y de la maquinaria y herramienta requerida. Sumado a esto, en otra etapa posterior se realiza la generación de propuestas de distribución de instalación, y la simulación de las alternativas de distribución para la línea de producción.

Otro de los proyectos analizados fue realizado por Arenas (2017), titulado Análisis de capacidad y “Diseño de planta para la línea Bed Lab, antes Dr. Linho, de líneas hospitalarias LH S.A.S.”, el cual surgió a partir de la necesidad de atender la creciente demanda del mercado, la cual no era posible satisfacer por parte de la empresa debido a la localización de sus instalaciones, razón por la cual decidieron trasladar sus instalaciones a una nueva planta. Así pues la ejecución de este proyecto es de utilidad en la medida en que nos permite analizar la metodología para el traslado de una línea de producción, el cual incluye, diagnóstico de los procesos productivos actuales, la determinación del tipo de distribución necesario para la planta y la generación de una alternativa de solución a la misma, la relación ideal entre las áreas de producción, y la simulación de la solución planteada.

3.2 Marco Conceptual

En la siguiente tabla, se realiza una recopilación de los diferentes términos que se tendrán en cuenta en el desarrollo del proyecto con su respectiva descripción, los cuales en el desarrollo del marco teórico se abarcarán de una forma más amplia

Tabla 1.

Conceptos a Utilizar en el Diseño de la Línea de Producción.

TÉRMINO	CONCEPTO
Mejoramiento de procesos	Implementación de cambios beneficiosos para cada uno de los procesos de la organización con el fin de contribuir en el crecimiento organizacional, trabajando en una mejora continua, ya que siempre se pueden hacer mejor las cosas y día a día se dan cambios tanto interna como externamente de la empresa.
Productividad	Uso eficiente de cada uno de los recursos de la empresa en la generación de un bien o servicio buscando la maximización de los mismos, al mínimo costo.
Ingeniería de métodos	Comprende el diseño, la creación y la selección de métodos adecuados, que permitan fabricar un producto con los procesos, maquinaria, equipos, recurso humano (habilidad, conocimiento) permitiendo así generar una relación operario-máquina eficiente. (Nebel & Freivalds , 2009).
Diseño del trabajo	Diseño de tareas por medio del cual se realizan especificaciones de los métodos, retrasos, entre otros, con el fin de adaptar la tarea y la estación de trabajo ergonómicamente haciéndola más amigable y permitiendo que los trabajadores desempeñen mejor sus funciones.
Distribución de planta	Organización física de elementos que constituyen una instalación, comprendiendo espacios necesarios para movimiento de material, equipos o líneas de producción, flujo de personal y demás variables que intervienen. (Salazar, 2016)
Simulación	Representación de la realidad de un sistema real (proceso), por medio de aplicaciones, favoreciendo la toma de decisiones al permitir conocer mejor el proceso, identificando problemas, evaluando beneficios y generando eficiencia.

Continuación tabla 1. Conceptos a Utilizar en el Diseño de la Línea de Producción.

TÉRMINO	CONCEPTO
Lean manufacturing	Conjunto de técnicas que permiten mejorar y optimizar los procesos de una organización, por medio de la identificación y eliminación o minimización de los desperdicios presentes en el proceso.
Capacidad productiva	Cantidad de producción con la que cuenta una empresa es decir la que es capaz de generar durante un periodo específico.

*Nota:** Terminología aplicada en el proyecto. 2017.

3.3 Marco Teórico

3.3.1 Mejoramiento de Procesos. El abordar el mejoramiento de procesos como concepto requiere partir de la definición de lo que se entiende por proceso. Según la norma ISO 9000:2005 un proceso es “un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados” (ISO, 2005).

Para la definición de proceso necesitamos determinar lo que son las entradas y las salidas del sistema, es decir los factores que se relacionaran para permitir el desarrollo de las distintas actividades y los resultados que se esperan obtener. Las actividades que se agrupan entre sí para constituir los procesos deben ser identificadas minuciosamente y con la mayor claridad posible. Todos y cada uno de estos factores se reúnen en el concepto de mejoramiento de procesos; en la búsqueda de la agregación de valor que permita lograr el nivel y los resultados deseados en una organización.

El mejoramiento se puede entender como “la creación organizada de un cambio beneficioso para el logro de niveles de rendimiento superiores” (González, 2013). Así mismo los niveles de rendimiento en una organización están estrechamente relacionados con la relación existente entre la mejora de los procesos y la estrategia que tenga la empresa, por lo cual resulta conveniente

implementar un sistema de indicadores que permita tener un control de la evolución de dicho proceso.

3.3.2 Productividad. La productividad es un instrumento comparativo para gerentes y directores de empresa, ingenieros industriales, economistas y políticos. Compara la producción en diferentes niveles del sistema económico (individual, y en el taller, la organización, el sector o el país) con los recursos consumidos (Velásquez, 2015). A veces la productividad se considera como un uso más intensivo de recursos, como la mano de obra y las máquinas, que debería indicar de manera fidedigna el rendimiento o la eficiencia, si se mide con precisión. Sin embargo, conviene separar la productividad de la intensidad de trabajo porque, si bien la productividad de la mano de obra refleja los resultados beneficiosos del trabajo, su intensidad significa un exceso de esfuerzo y no es sino un «incremento» de trabajo. La esencia del mejoramiento de la productividad es trabajar de manera más inteligente, no más dura. El mejoramiento real de la productividad no se consigue intensificando el trabajo; un trabajo más duro da por resultado aumentos muy reducidos de la productividad debido a las limitaciones físicas del ser humano (Santa María, 2017).

3.3.2.1 Factores Internos de la Productividad de la Empresa. Como algunos factores internos se modifican más fácilmente que otros, es útil clasificarlos en dos grupos: duros (no fácilmente cambiables) y blandos (fáciles de cambiar). Los factores duros incluyen los productos, la tecnología, el equipo y las materias primas, mientras que los factores blandos incluyen la fuerza de trabajo, los sistemas y procedimientos de organización, los estilos de dirección y los métodos de trabajo. Esta clasificación sirve para establecer prioridades: cuáles son los factores en los que es fácil influir y cuáles son los factores que requieren intervenciones financieras y organizativas

más fuertes. A continuación, se hace una breve descripción de algunos aspectos esenciales de cada factor interno (Prokopenko, 1989, p.11).

Factores duros:

Planta y Equipo: Estos elementos desempeñan un papel central en todo programa de mejoramiento de la productividad mediante: un buen mantenimiento, el funcionamiento de la planta y el equipo en las condiciones óptimas, el aumento de la capacidad de la planta mediante la eliminación de los estrangulamientos y la adopción de medidas correctivas, la reducción del tiempo parado y el incremento del uso eficaz de las máquinas y capacidades de la planta disponibles. La productividad de la planta y el equipo se puede mejorar prestando atención a la utilización, la antigüedad, la modernización, el costo, la inversión, el equipo producido internamente, el mantenimiento y la expansión de la capacidad, el control de los inventarios, la planificación y el control de la producción, etc. (Medina & Mauricci, 2014).

Tecnología: La innovación tecnológica constituye una fuente importante de aumento de la productividad. Se puede lograr un mayor volumen de bienes y servicios, un perfeccionamiento de la calidad, la introducción de nuevos métodos de comercialización, etcétera, mediante una mayor automatización y tecnología de la información. La automatización puede asimismo mejorar la manipulación de los materiales, el almacenamiento, los sistemas de comunicación y el control de la calidad. En los últimos veinticinco años se han logrado considerables aumentos de la productividad gracias al uso de la automatización, y los cambios que se producen actualmente en la tecnología de la información permiten prever grandes mejoras (Prokopenko, 1989, p.12).

Materiales y Energía: Incluso un pequeño esfuerzo por reducir el consumo de materiales y energía puede producir notables resultados. Esas fuentes vitales de la productividad incluyen las

materias primas y los materiales indirectos (productos químicos, lubricantes, combustibles, piezas de repuesto, materiales técnicos y materiales de embalaje de proceso) (Prokopenko, 1989, p.12).

3.3.3 Ingeniería de Métodos. La ingeniería de métodos es la técnica que se ocupa de incrementar la productividad del trabajo, eliminando todos los desperdicios de materiales, de tiempo y de esfuerzo; que procura hacer más fácil y lucrativa cada tarea y aumenta la calidad de los productos poniéndoles al alcance del mayor número de consumidores (García, 2002). Muy a menudo, los términos análisis de operaciones, diseño del trabajo, simplificación del trabajo, ingeniería de métodos y reingeniería corporativa se utilizan como sinónimos. En la mayoría de los casos, todos ellos se refieren a una técnica para aumentar la producción por unidad de tiempo o reducir el costo por unidad de producción: en otras palabras, a la mejora de la productividad (Niebel y Freivalds, 2009, p.3).

La ingeniería de métodos, requiere inicialmente del diseño y desarrollo de los centros de trabajo donde se llevará a cabo la fabricación del producto, los cuales a su vez deben ser estudiados continuamente en una segunda etapa, con el propósito de encontrar un mejor método de fabricar el producto y de mejorar su calidad. Adicional a esto, implica la utilización de la capacidad tecnológica. Debido principalmente a la ingeniería de métodos, las mejoras en la productividad nunca terminan (Vásquez, 2017). El diferencial de productividad que resulta de la innovación tecnológica puede ser de tal magnitud que los países desarrollados siempre podrán mantener su competitividad respecto a los países en desarrollo. Siempre y cuando mantengan la importancia que otorgan a la investigación y desarrollo, la ingeniería de métodos a través de la innovación tecnológica será fundamental para conservar su capacidad para ofrecer bienes y servicios de alto nivel (Prokopenko, 2009).

En resumen, la ingeniería de métodos es el análisis sistemático a fondo de todas las operaciones directas e indirectas con el fin de implementar mejoras que permitan que el trabajo se desarrolle más fácilmente, en términos de salud y seguridad del trabajador, y permite que éste se realice en menos tiempo con una menor inversión por unidad (Universidad Continental, 2013).

3.3.4 Diseño del Trabajo. El diseño del trabajo es una ciencia relativamente nueva que se refiere al diseño de tareas, estaciones de trabajo y del ambiente laboral para que se acoplen mejor al operador humano (Niebel y Freivalds, 2009, p.11). Como parte del desarrollo o del mantenimiento del nuevo método, los principios de diseño del trabajo deben utilizarse con el fin de adaptar la tarea y la estación de trabajo ergonómicamente al operador humano (Catalán, 2015). Desafortunadamente, en gran parte de las industrias manufactureras este tipo de prácticas no son desarrolladas adecuadamente o no se les da la importancia que requieren, debido a que gran parte de estas se concentran únicamente en conseguir un incremento en la productividad.

Con mucha frecuencia, la sobreposición de procedimientos simplificados da como resultado que los operadores realicen tareas repetitivas tipo máquina, lo cual provoca un mayor índice de lesiones músculo-esqueléticas relacionadas con el trabajo. Cualquier aumento de la productividad y reducción de costos se ven más que disminuidos ante los altos costos de la compensación médica de los trabajadores, especialmente si se considera la tendencia en aumento en los costos del cuidado de la salud. Por lo tanto, es necesario que el ingeniero de métodos incorpore los principios de diseño del trabajo en todo nuevo método, de tal manera que no sólo sea más productivo sino también más seguro y libre de riesgos para el operador (Niebel y Freivalds, 2009, p.6).

Las técnicas del diseño del trabajo pueden estudiarse desde distintos factores clave, como son, diseño del trabajo manual, lugar de trabajo, equipo y diseño de herramientas, diseño del ambiente de trabajo y diseño del trabajo cognitivo.

3.3.5. Distribución de Planta. Es el proceso de determinación de la mejor ordenación de los factores disponibles, de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible (Universidad de Jaén, 2005). Esta configuración de operaciones resulta ser de vital importancia para la conformación de un sistema óptimo que permita el cumplimiento de los objetivos que se tengan como organización. Así pues, determinar la disposición de los medios productivos constituye el fin principal de la distribución en planta.

Realizar dicha ordenación de manera eficiente no es un problema trivial debido al gran número de factores a considerar; una planta industrial es un sistema complejo en el que interactúan máquinas, materiales y hombres sirviéndose de un conjunto de instalaciones (Segura, s.f). Muther, 1970, dice: La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller.

La obtención de una distribución en planta adecuada constituye una importante fuente de ventajas competitivas al tener incidencia directa sobre el costo de los productos fabricados, los tiempos de fabricación, el consumo de recursos energéticos, y sobre la capacidad de adaptación ante los cambios en la demanda, una distribución en planta incorrecta, constituye un grave

problema que dificulta los procesos de fabricación, aumenta los costos de producción y que puede, llegando el momento, dificultar la subsistencia de la empresa (Segura, s.f).

Drira et al. (2007), citado por García A. , 2013, resume que la toma de decisiones se convierte en un elemento fundamental para el desarrollo de las empresas. Dentro de estas decisiones se encuentra la que tiene que ver con la localización de los recursos que harán posible el desarrollo de las actividades productivas. El problema de acomodar los diversos recursos necesarios para la producción en una planta industrial de manera óptima, teniendo en cuenta los diversos factores de la interacción entre los recursos y los costos de manejo de materiales, se denomina Facility Layout Problem (FLP), o, Problema de Distribución de Planta. El Problema de la Distribución de Planta, se define como el arreglo de todos los recursos para la producción de bienes o prestación de servicios. Estos recursos hacen referencia a todos los elementos de infraestructura física que facilitan la realización de cualquier actividad productiva, por ejemplo: máquinas, herramientas, centros de trabajo, células de fabricación, almacenes, bodegas, etc. Drira et al (2007) (citado en García A. , 2013).

El desarrollo del problema dinámico de distribución en planta (Dynamic Facility Layout Problem) DFLP requiere partir de un estudio completo y detallado tanto de las necesidades de la empresa como de cada uno de los factores principales para su productividad. Este estudio forma parte de un inicio base para un desarrollo óptimo de la distribución en planta, cuyos resultados deben garantizar sostenibilidad en el tiempo.

3.3.6 Simulación. Es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se pueden operar el sistema

(Fernández, Ceballos , & Restrepo, 2011). Aun cuando el término simulación tiene varios significados dependiendo de su aplicación, en negocios normalmente se refiere al uso de una computadora para llevar a cabo experimentos en un modelo de un sistema real. Los experimentos de simulación se efectúan antes de que el sistema real entre en operación a fin de ayudar en su diseño, ver cómo reaccionaría el sistema a los cambios en sus reglas operativas o evaluar la respuesta del sistema a los cambios en su estructura. La simulación es adecuada especialmente en situaciones en las que el tamaño o la complejidad del problema dificultan o hace imposible el uso de técnicas de optimización. Por eso se han estudiado extensamente los talleres de trabajo, caracterizados por problemas de líneas de espera complejos, a través de la simulación, al igual que ciertos problemas de inventario, distribución de planta y mantenimiento (por mencionar algunos). La simulación también se puede usar en conjunto con técnicas científicas tradicionales de gestión y estadística. Además, la simulación es útil para entrenar a los gerentes y trabajadores en cuanto a la operación del sistema real porque demuestra los efectos de los cambios en las variables del sistema, el control en tiempo real y el desarrollo de nuevas ideas sobre cómo dirigir el negocio (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

A nivel de planificación y control estratégicos de una empresa, los modelos de simulación insertan varios inputs a un sistema y proporcionan un modelo para evaluar o volver a diseñar y medir o cuantificar factores tan importantes como la satisfacción del cliente, la utilización de recursos, el proceso de reingeniería y el tiempo invertido en todo ello. Si nos refiriéramos al proceso de reingeniería o proceso de innovación, como a veces se le denomina, éste es un medio por el que las organizaciones intentan reinventarse. Este esfuerzo comporta procesos de replanteamiento, búsqueda de procesos innovadores y por ello más efectivos y eficientes de cara a

ser productoras de mayor número de negocios. Una herramienta básica utilizada para replantear los procesos en las organizaciones es la simulación (Fullana & Urquía, 2009).

3.3.7 Capacidad Instalada. En el diccionario se define como “la facultad para tener, recibir, almacenar o dar cabida”. Chase, et al., (2009) definen la capacidad, en un sentido general, como la cantidad de producción que un sistema es capaz de generar durante un periodo específico. Sin bien no existe el puesto de “gerente de capacidad”, sí hay varios puestos administrativos que se encargan de que la capacidad se utilice de forma efectiva. Capacidad es un término relativo y, en el contexto de la administración de operaciones, se podría definir como la cantidad de recursos disponibles que se requerirán para la producción, dentro de un periodo concreto. Nótese que esta definición no hace diferencia alguna entre el uso eficiente o ineficiente de la capacidad. En este sentido, es congruente con lo que la oficina federal de Estados Unidos, Bureau of Economic Analysis, define como capacidad práctica máxima en sus encuestas: “La producción generada dentro de un horario normal de turnos por día y de días por semana para las operaciones, incluyendo el costo excesivo por el uso ineficiente de las instalaciones” (Chase, et al., 2009).

El objetivo de la planeación estratégica de la capacidad es ofrecer un enfoque para determinar el nivel general de la capacidad de los recursos de capital intensivo (el tamaño de las instalaciones, el equipamiento y la fuerza de trabajo completa) que apoye mejor la estrategia competitiva de la compañía a largo plazo. El nivel de capacidad que se elija tiene repercusiones críticas en el índice de respuesta de la empresa, la estructura de sus costos, sus políticas de inventario y los administradores y personal de apoyo que requiere. Si la capacidad no es adecuada, la compañía podría perder clientes en razón de un servicio lento o de que permite que los competidores entren al mercado. Si la capacidad es excesiva, la compañía tal vez se vería obligada a bajar los precios

para estimular la demanda, a subutilizar su fuerza de trabajo, a llevar un inventario excesivo o a buscar productos adicionales, menos rentables, para permanecer en los negocios (Chase, et al., 2009).

4. Metodología del proyecto

En la siguiente tabla se realiza la descripción de la metodología empleada para dar cumplimiento a los objetivos propuestos del presente proyecto.

Tabla 2.

Metodología Propuesta para Cumplimiento de los Objetivos Planteados.

Etapa	Objetivo específico	Actividad a realizar	Resultado esperado
I: Esta etapa está comprendida por actividades dirigidas a caracterizar los procesos, comprender el funcionamiento de la planta e identificar actividades, recursos, variables, las cuales permitan realizar un análisis de la capacidad instalada con la que cuenta la empresa y un diagnóstico del proceso actual. Para ello es necesario realizar visitas a las instalaciones, hacer recorridos, además de realizar entrevistas a los directivos y encuestas a los operarios involucrados en el proceso; además realizar una validación de estudio de tiempos por medio de una muestra la cual permita corroborar la información de tiempos generada por la empresa.	1. Realizar un diagnóstico del proceso productivo actual de elementos en concreto basado en un análisis de la capacidad instalada y en la caracterización de los procesos.	-Identificar y documentar las actividades del proceso productivo por medio del diagrama de proceso y diagrama de recorrido. -Analizar la situación actual de la empresa definiendo los procesos críticos existentes, aplicando herramientas como, diagrama causa efecto, análisis de despilfarros, encuestas a los operarios y entrevista a supervisor de planta. -Realizar un estudio de tiempos en la línea de producción, haciendo uso de la técnica por cronómetro.	Diagnóstico del proceso productivo actual mediante: Planteamiento de problema por medio de la identificación de causas. Un análisis de desplazamientos y áreas utilizadas por medio del uso de diagramas de recorrido, diagrama de spaguetti y diagrama de áreas. Estudio de tiempos como base para determinar la Capacidad instalada y capacidad utilizada de cada una de las líneas de producción.

Continuación tabla 2. Metodología Propuesta para Cumplimiento de los Objetivos Planteados

Etapa	Objetivo específico	Actividad a realizar	Resultado esperado
<p>II: Esta etapa está dirigida la identificación de la tecnología adecuada y la que mejor se adapte a realizar las mejoras esperadas en el proceso, la cual da paso al siguiente objetivo. Para ello se realiza una recopilación de información del exterior y de la propia organización sobre tecnología que será seleccionada y evaluada, permitiendo así tomar decisiones por medio de la formulación de propuestas referente a la maquinaria más adecuada sin dejar al lado el proceso actual.</p>	<p>2. Realizar una evaluación de la tecnología disponible que pueda apoyar el proceso de producción de elementos de concreto prefabricados.</p>	<p>-Identificar oportunidades, amenazas y factores críticos de vigilancia.</p> <p>-Buscar y analizar la información obtenida.</p> <p>- Formular propuestas para la toma de decisiones referente a la maquinaria adecuada para el proceso</p>	<p>-Un informe con la identificación de la maquinaria disponible en el mercado por medio de una búsqueda en la literatura gris</p> <p>-Identificación y Relación de cada uno de los equipos de acuerdo a sus capacidades que pueden servir con su funcionalidad a la producción de los elementos de concreto prefabricados.</p> <p>-Selección de equipos para cada uno de los modelos propuestos.</p>
<p>III: En esta etapa se presentan tres modelos de producción en línea los cuales son previamente evaluados para determinar el modelo adecuado para el proceso, que cumpla con las expectativas de los directivos de la planta.</p>	<p>3. Formular una propuesta de diseño y distribución para la línea piloto que sirva como referente para la adecuación del proceso productivo.</p>	<p>-Realizar un análisis de la distribución actual de la planta productiva.</p> <p>-Realizar una propuesta de distribución de planta para la línea de producción mediante la metodología SLP (Systematic Layout Planing)</p> <p>-Elaborar la simulación del proceso productivo propuesto.</p>	<p>-Propuesta de tres modelos de diseño para la línea de producción piloto por medio de la simulación de cada una de las propuestas para realizar la comparación entre estas</p>
<p>IV: En esta etapa final se genera un análisis comparativo entre el proceso actual y el modelo planteado por medio del cual se evalúa el desempeño de la propuesta, a partir de lo cual se procede a realizar las conclusiones y recomendaciones previas.</p>	<p>4. Evaluar el desempeño de la línea piloto propuesta en el diseño respecto al proceso actual, mediante el uso de la herramienta de simulación FlexSim</p>	<p>-Analiza los resultados obtenidos del proceso de simulación aplicado.</p> <p>-Realizar una comparación entre el sistema de producción de postes en concreto actual y la propuesta de producción en línea planteada.</p>	<p>-Modelo de simulación que permita evaluar la línea piloto propuesta para la fabricación de elementos en concreto prefabricados.</p> <p>-Informe de análisis comparativo del proceso actual, con la propuesta planteada.</p>

Nota: * Metodología propuesta para cumplimiento de los objetivos planteados. 2017.

5. Generalidades del Proyecto

5.1 Identificación de la Empresa

5.1.1 Nombre de la Empresa.

Tabla 3.

Identificación de la Empresa.

RAZÓN SOCIAL	Pretensados de concreto del oriente PRETECOR LTDA.
NIT	890.209.207-6
REPRESENTANTE LEGAL	Iván Eduardo Martínez Carrascal
TELÉFONO	6396161
UBICACIÓN	Piedecuesta, Santander

*Nota:** Identificación de datos generales de la empresa. Adaptado de empresa Pretector Ltda. 2017.

5.1.2 Misión. Desarrollar y suministrar soluciones prefabricadas que faciliten el desarrollo de la infraestructura de los países en los que hagamos presencia.

5.1.3 Visión 2021. Ser una de las 3 mayores empresas Colombianas proveedoras de soluciones prefabricadas para infraestructura y generar al menos el 30% de nuestros ingresos por ventas en el exterior.

5.1.4 Logo de la Empresa. A continuación en la Ilustración 1 se puede observar el logo de Pretector



Figura 1. Logo de la empresa. Identificación del logo de la empresa Pretector Ltda. 2017. Tomado de

<http://www.pretector.com>. 2018.

5.1.5 Localización de la Planta. Actualmente, la planta de concreto se encuentra ubicada en el Km 10 vía Bucaramanga- Piedecuesta, como se puede observar en la siguiente figura.

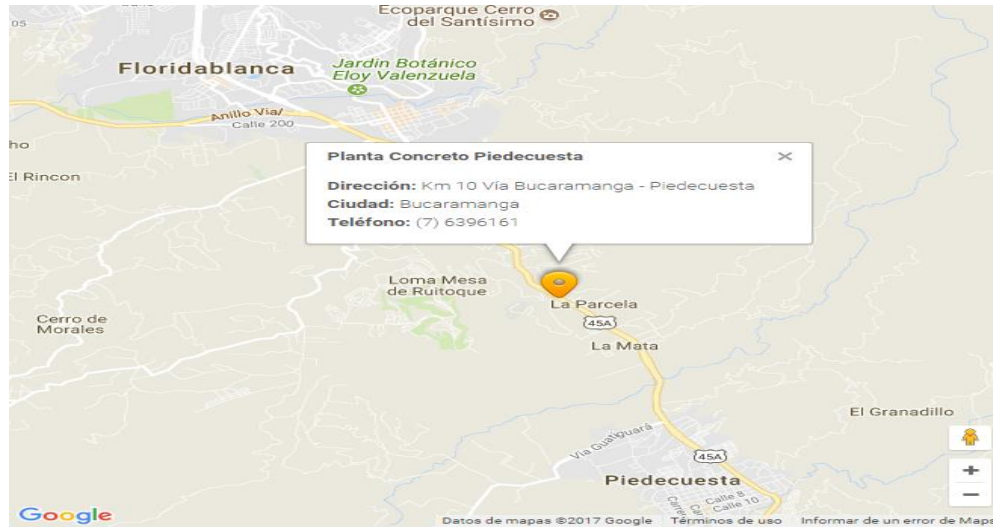


Figura 2. Localización de la Planta de Concreto. Tomada de Google maps. 2017.
<https://www.google.com/maps/search/Km+10+V%C3%ADa+Bucaramanga+-+Piedecuesta+/@7.1205902,-73.1207981,15.25z>.

5.1.6 Objeto Social. Pretensados de concreto del Oriente - Pretacor Ltda., contribuye al desarrollo del país suministrando estructuras para el soporte de nuestro tejido eléctrico y de telecomunicaciones mediante la fabricación de elementos prefabricados en concreto y fibra de vidrio (postes de línea de transmisión, distribución, comunicación, iluminación y soportes estructurales), orientando así sus procesos a la solución de requerimientos de la infraestructura Eléctrica, OIL & GAS, Obras Civiles y Arquitectónicas, brindándole de esta manera a sus clientes la oportunidad de escoger la alternativa más adecuada para sus proyectos.

5.1.7 Portafolio de Productos. En la siguiente tabla se evidencian los productos actuales que brinda Pretector a sus clientes.

Tabla 4.

Portafolio de productos.

Líneas	Descripción
Pretector C	Postes en concreto pretensado vibrado para redes de baja y media tensión y alumbrado público de alturas entre los 5m y los 16m en una sola sección en cargas desde 300kg f hasta 1500 kg f
Pretector X	Postes en concreto pretensado vibrado con cargas superiores a 1500 Kg de roturas y altura superior a 16 m en una o varias secciones.
Pretector F	Postes de fibra de vidrio para líneas de distribución.
Pretector L	Postes de fibra de vidrio para alumbrado público y usos arquitectónicos.
Pretector T	Postes translucidos o de colores.

Nota: * Descripción de las líneas de productos de Pretector Ltda. Adaptado de Pretector Ltda. 2017.

5.1.7.1 Descripción Postes en Concreto. A continuación se evidencia una descripción de las referencias de postes que se van a tener en cuenta en el desarrollo del presente proyecto. Las cargas de rotura pueden variar en cada familia de producto. Depende de las especificaciones requeridas por el cliente.

Tabla 5.

Descripción Postes en Concreto.

Poste	Longitud	Carga de rotura a flexión	m^3
Poste en concreto pretensado vibrado, referencia 8 x 510 kg-f	8	510	0.206
Poste en concreto pretensado vibrado, referencia 12 x 750 kg-f	12	750	0.389
Poste en concreto pretensado vibrado, referencia 14 x 1050 kg-f	14	1050	0.639

*Nota:** Descripción de los postes en concreto. Adaptado de Pretector Ltda. 2018.

5.1.8 Maquinaria. Se identifica la maquinaria con la que cuenta la empresa, la cantidad, marca, fabricante, capacidad y año de adquisición de la máquina, (Ver apéndice 6). Se puede evidenciar que algunas de estas máquinas fueron adquiridas incluso desde hace 24 años, maquinaria que sobrepasa su vida útil, lo que la hace obsoleta y por la antigüedad de las mismas se presenta un proceso artesanal y poco amigable con los trabajadores.

5.1.9 Mapa de Procesos de la Empresa. Pretector cuenta con 4 procesos misionales, 1 proceso estratégico y 4 procesos de apoyo (Ver apéndice 7).





5.1.10 Organigrama. Pretector Ltda. Cuenta actualmente con 105 empleados Directos y se encuentra conformada por una junta de socios, una junta directiva, una revisoría fiscal, el Gerente, cuatro Directivos con sus respectivas delegaciones; (Ver apéndice 8).

5.2 Descripción del proceso productivo





5.2.1 Descripción de máquinas y equipos implicados en el proceso. En la siguiente tabla se realiza una descripción de las principales máquinas y equipos que hacen parte del proceso productivo:

Tabla 6.

Descripción maquinaria y equipo del proceso.

Máquina y equipo	Imagen	Descripción
<p>Formaleta</p>	 <p><i>Figura 3. Formaleta para postes. Metricingenieria (S.f). 2018. http://www.metricingenieria.com.</i></p>	<p>Molde metálico que tiene como función dar la forma deseada al material que se vacía en ésta, en este caso dar la forma cónica al concreto, para obtener el poste.</p>
<p>Noyo</p>	 <p><i>Figura 4. Noyo para postes. Suárez (2014). http://deirosuarez.blogspot.com/</i></p>	<p>Elemento de forma cónica encargado de hacer que una pieza que va a ser fundida sea hueca a lo largo del eje. En este proceso permite que el poste sea hueco.</p>
<p>Puente grúa</p>	 <p><i>Figura 5. Puente grúa. Vinca Equipos Industriales (2016). https://www.vinca.es</i></p>	<p>Equipo industrial encargado de transportar o desplazar diferentes elementos pesados por medio de una pinza de agarre para facilitar la movilidad de estos entre las diferentes áreas del proceso.</p>
<p>Mini-cargador</p>	 <p><i>Figura 6. Mini-cargador. Pretolsa (2010). http://www.pretolsa.com</i></p>	<p>Equipo multifuncional que tiene como objetivo excavar, transportar o mover material de un lugar a otro.</p>

Continuación tabla 6. *Descripción maquinaria y equipo del proceso.*

Máquina y equipo	Imagen	Descripción
<p>Mezcladora</p>	 <p><i>Figura 7. Mezcladora y dosificadora. Made-in-China (2018). https://es.made-in-china.com</i></p>	<p>Máquina que tiene como objetivo mezclar diferentes sustancias como el cemento y agregados usados para obtener el concreto.</p>
<p>Cortadora acero</p>	 <p><i>Figura 8. Cortadora de acero. Ferreteria Lindavista (2016). http://www.ferreteriaLindavista.com 2018.</i></p>	<p>Herramienta manual empleada para cortar materiales como el acero por medio del giro rotatorio de su disco.</p>
<p>Espiraladora</p>	 <p><i>Figura 9. Espiraladora. Ferreteria. Suárez (2014). http://deirosuarez.blogspot.com/</i></p>	<p>Herramienta Manual de armado y corte de espiral de acero.</p>
<p>Gato hidráulico</p>	 <p><i>Figura 10. Gato hidráulico. Hercab (S.f). https://hercab.com</i></p>	<p>Máquina empleada para tensionar las cuerdas para obtener un concreto de alta resistencia.</p>

*Nota:** Tabla de descripción de elementos del proceso productivo. 2018.

Pretecor actualmente cuenta con cuatro líneas de producción de postes en concreto, las cuales realizan el mismo proceso de producción, únicamente se diferencian en las referencias que se producen, pues éstas varían en la longitud y la carga de flexión de rotura a la que va a estar sometido el poste. Resaltando que en cualquiera de las líneas se pueden fabricar los diferentes tipos de referencias con las que se cuenta, dado que se pueden modular cada 1.50 m, debido a que de

ésta manera se encuentran seccionadas las formaletas, pero normalmente las modificaciones se realizan en la línea 4 en su mayoría. La línea uno se diferencia de las demás porque en ella se fabrican postes seccionados.

Se cuenta con 42 posiciones de formaletas, en la siguiente tabla se puede observar las distribuciones actuales de los moldes para cada Línea:

Tabla 7.

Distribución de los Moldes de Producción para cada Línea.

Línea de producción de postes	Distribución de moldes
Línea 1	Formaleta 1 al 23
Línea 2	Formaleta 24 al 30
Línea 3	Formaleta 31 al 36
Línea 4	Formaleta 37 al 42

*Nota:** Tabla de distribución actual de los moldes (Formaletas) de producción para cada línea. Adaptado de Pretector Ltda. 2017.

5.2.2 Descripción de las actividades principales. Para comprensión del proceso productivo (Ver apéndice 9), en la siguiente tabla se realiza la aclaración de las actividades principales implicadas en el proceso:

Tabla 8.

Conceptos del Proceso de Producción de Postes.

Concepto	Definición
Fraguado	Proceso que tiene como fin endurecer la mezcla de concreto. Es realizado en las formaletas.
Curado	Proceso por medio de cual se busca obtener las propiedades deseadas del concreto al mantener una temperatura y humedad adecuadas.
Vibrado	Proceso por medio del cual se busca eliminar las burbujas que se encuentran en el concreto fresco, dando así homogeneidad a la mezcla, esta es ejecutada por la formaleta.

*Nota:** Tabla conceptos del proceso productivo de Pretector. 2018.

5.2.3 Secuencia del proceso de producción actual. La siguiente figura muestra la ruta que lleva el proceso actual, en el cual se encuentran involucradas 60 actividades de los 9 procesos y el almacenamiento (Ver apéndice 9):



Figura 11. Secuencia del proceso actual. Tomado de corte de espirales: <http://deirosuarez.blogspot.com/>, corte

acero: <http://www.ferreterialindavista.com>, concreto: <https://es.made-in-china.com>, fundición:

http://www.fabincop.pe/proceso_de_fabricacion.html, Generación de vapor:

https://www.google.com.co/search?rlz=1C1OKWM_esCO793CO793&biw=1366&bih=586&tbm=isch&sa=1&ei=a2VaW8HAHo2Y_QaZppQw&q=caldera+carbon&oq=caldera+carbo&gs_l=img.3.0.0j0i30k1j0i8i30k1j0i24k112.8488.9905.0.11326.6.6.0.0.0.264.626.0j2j1.3.0...0...1c.1.64.img..3.3.623...0.0vPI81wxYAw#imgrc=XdtHAuMeqKlQbM: , Armado de noyo: <http://deirosuarez.blogspot.com/> Armado de formaleta: https://www.alibaba.com/product-detail/Fabrica-de-postes-de-concreto-14_165340498.html, curado:

<http://www.celtatsas.com.ar/fabricapostescelta/index.php>, almacenamiento: . 2018.

6. Diagnóstico de la Empresa

6.1 Metodología del Diagnóstico

Para llevar a cabo el diagnóstico, ha sido necesario realizar diferentes actividades con los Directivos de la empresa, con el fin de poder identificar cada una de las oportunidades presentes

y aspectos a mejorar, además de realizar una caracterización del proceso previa, así mismo recolectar información relevante que servirá de soporte para la realización de éste proyecto.

Para llevarlo a cabo se tuvieron en cuenta 5 actividades como: visitas a las instalaciones, entrevistas, encuestas y recopilación de información, revisión de proyectos/documentos e historial, diagnóstico del proceso actual y finalmente el diagnóstico de la distribución de la planta. A continuación se describen cada una de las actividades y técnicas empleadas:

6.1.1 Visitas a las Instalaciones. Realizar constantes visitas con los Directivos de la organización, por medio de reuniones y recorridos en la planta, con el fin de poder identificar y conocer los procesos, las operaciones, el personal, la maquinaria y el equipo (Ver apéndice 6) con el que cuenta actualmente la empresa, así mismo detectar las falencias por medio de la aplicación de algunas herramientas para generar un diagnóstico tanto cualitativo como cuantitativo y oportunidades de mejora. (Ver apéndice 10).

6.1.2 Revisión de Proyectos/Documentos e Historial. Realizar la revisión de un proyecto vigente en la organización junto con las partes interesadas (Ver apéndice 11), con el fin de tener conocimiento del mismo y realizar mejoras sobre éste, además de proyectos recientes realizados en la empresa, como estudios y análisis que sirvan de soporte para evidenciar algunas causas identificadas en el proceso (Ver apéndice 12).

6.1.3 Entrevistas, Encuestas y Recopilación de Información. Por medio de reuniones con directivos, administrativos y algunos operarios se realizaron entrevistas (Ver apéndice 16) y encuestas (Ver apéndice 13), con el fin de obtener información de los procesos (Ver apéndice 9),

estaciones de trabajo, tiempos de producción, clima laboral y asimismo ir identificando amenazas, fortalezas, debilidades y oportunidades; además de poder conocer los requisitos y expectativas de los directivos de la empresa, por medio de la recopilación de información.

6.1.4 Diagnóstico Proceso Actual. Por medio de un análisis de despilfarro (Ver tabla 10), diagrama Ishikawa o causa efecto (Ver figura 12), evaluar el proceso actual, identificando así de forma más clara los problemas (Ver tabla 9), causas y oportunidades de mejora.

6.1.5 Diagnóstico Distribución Planta. Para tener una idea más detallada de la forma como se lleva a cabo la producción actual, se hace uso de la información obtenida mediante la aplicación de los diagrama de recorrido (Ver figura 15), diagrama de flujo del proceso (Ver apéndice 9), diagrama de spaghetti (Ver figura 16), diagrama de áreas por centros de trabajo (Ver figura 14), con el fin de evaluar la distribución actual y hacer los análisis pertinentes, asimismo por medio de un estudio de tiempo (Ver apéndice 14) y se cuenta con soporte para verificar y realizar un análisis cuantitativo de las mejoras con la propuesta que se genere, soportado con un análisis de capacidad (Ver apéndice 15).

6.2 Diagnóstico del Proceso productivo Actual

A continuación, se muestra el proceso realizado para el diagnóstico del proceso actual de la empresa haciendo uso de: diagrama causa-efecto o Ishikawa y análisis de despilfarros por medio de los cuales se busca identificar falencias y oportunidades que contribuyan con el mejoramiento del proceso productivo:

6.2.1 Diagnóstico del Proceso Productivo. Mediante el diagrama de flujo del proceso y la descripción de cada uno de los procesos se presenta en detalle la secuencia y la descripción de estos (Ver apéndice 9), además de una breve descripción de la maquinaria y equipos implicados (Ver apéndice 6).

6.2.2 Diagrama Causa-Efecto o Ishikawa. El diagrama causa-efecto, tiene como fin resolver un problema mediante la identificación de las posibles causas que lo generan.

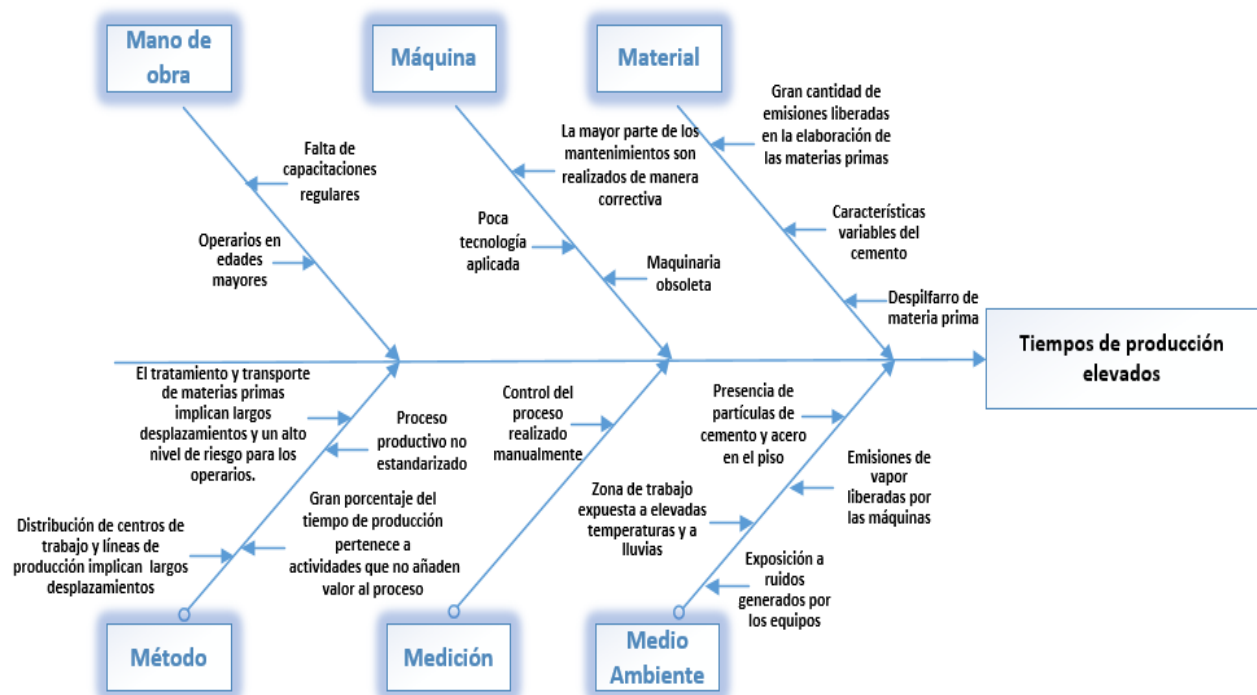


Figura 12. Diagrama Ishikawa o Causa Efecto. Adaptado de Pretector Ltda. 2017.

A partir de las reuniones realizadas con los directivos y supervisores de producción de la empresa, se identificó como factor crítico productivo, los elevados tiempos de producción que actualmente se invierten en la fabricación de los elementos en concreto prefabricados. Razón por la cual se decidió realizar un diagnóstico de los seis ámbitos principales en los cuales se pueden

encontrar las posibles causas que generen este problema. Estos seis ámbitos son llamados, las 6 M's, las cuales son: mano de obra, materia prima, medición, método, máquina y medio ambiente.

6.2.2.1 Descripción Causas

6.2.2.1.1 Mano de Obra. Aunque la mayor parte de los operarios del área de producción, cuentan con experiencia en las actividades que realizan, con el tiempo estas funciones han sido adaptadas por los mismos según las condiciones con las que cada uno cuenta y según como consideran que puede facilitar la práctica de sus actividades, dando lugar así a rutinas imprecisas. Las cuales así mismo, como lo mencionó el señor Martín Chaparro Correa (Supervisor de producción) en la entrevista realizada (Ver apéndice 16) y como se evidenció en la encuesta realizada a 13 operarios (Ver apéndice 13), son generadas por la falta de capacitaciones, que permitan corregir este tipo de errores adquiridos y que eviten un erróneo aprendizaje en los operarios.

De igual manera, por medio de la encuesta, se determinó, que más del 50% de los operarios están en edades superiores a los 44 años. Siendo este un factor crítico para el desarrollo del proceso, en el cual las actividades son realizadas de manera artesanal, y requieren de una gran capacidad física, afectando de esta manera los tiempos de producción de las actividades.

6.2.2.1.2 Máquina. Mediante la entrevista realizada al supervisor de producción, el señor Martín Chaparro Correa (Ver apéndice 16) se concluye que la mayoría de los mantenimientos implementados en la empresa, son mantenimientos correctivos, pues únicamente en máquinas como la caldera y la mezcladora, estos son realizados de manera preventiva.

Por otro lado, a partir de información proporcionada por la empresa, se extrajeron datos técnicos de las máquinas en funcionamiento (Ver Apéndice 6). Con base en la información obtenida, se

concluye que la maquinaria existente en el proceso productivo, corresponde en su mayoría a tecnología obsoleta, con más de nueve años de antigüedad.

Con el transcurso del tiempo Pretector Ltda., se ha encargado de realizar mejoras sustanciales en el proceso productivo, generando así importantes cambios. Sin embargo, la aplicación de avances tecnológicos en los procesos, traducidos en la actualidad como niveles de automatización no es una ventaja con la que cuenta hoy la empresa.

6.2.2.1.3 Material. El proceso productivo artesanal que actualmente se lleva a cabo en la empresa, con poca tecnología aplicada, produce que exista una alta probabilidad de errores humanos en cada una de las actividades de trabajo. Esto sumado a los largos desplazamientos existentes entre estaciones (Ver tabla 14), causan que el desperdicio de materia prima se genere en grandes volúmenes que mes a mes se hacen representativos en la disminución de la productividad de la empresa (Ver apéndice 12). Estos volúmenes son medidos mensualmente por Pretector; en el último estudio realizado se obtuvo que en los últimos 3 meses el volumen de escombros total recogido fue de $344 m^3$. Por otro lado, la calidad de los productos terminados, se ve afectada por la variabilidad de las condiciones de las materias primas. En este caso el cemento es la materia prima fundamental en la fabricación de elementos prefabricados en concreto, es por esto que como lo mencionaba en la entrevista el señor Martín Chaparro Correa, las condiciones variables del cemento es uno de los factores que mayor incidencia tiene en la calidad y resistencia final del poste.

Por la calidad del cemento se entiende el grupo de propiedades que caracterizan el cemento en su uso final como aglomerante hidráulico en hormigones y morteros utilizados para actividades de construcción. Dichas propiedades son importantes para la fabricación, la ejecución y la vida útil de los productos de hormigón para los cuales el cemento es utilizado. (Blanco, s.f)

6.2.2.1.4 *Método*. La tecnología aplicada en el proceso de producción es limitada, lo que produce que gran parte de sus etapas se lleven a cabo de forma artesanal. Debido a esto, los operarios deben realizar actividades que implican grandes desplazamientos y esfuerzos que conllevan a un gran desgaste físico, que a su vez representan tanto un gran riesgo para la salud y seguridad del operario, como un aumento para la empresa de la posibilidad de sobrellevar altos costos por esto. De igual manera, basados en las encuestas realizadas a los operarios, se evidencia que usualmente deben abandonar sus actividades en proceso por asistir otras actividades, lo cual demuestra la necesidad de una mejora en la estandarización de los procesos.

6.2.2.1.5 *Medio Ambiente*. El proceso de producción de los postes en concreto, se caracteriza por la emisión de vapores y gases además de partículas de polvo, que, si bien no son totalmente perjudiciales para la salud, si generan elevadas temperaturas y residuos que recaen normalmente en el piso, dificultando el paso, y aumentando los riesgos de sufrir accidentes. Sumado a esto se presentan altos niveles de presión y ruido, causados por las máquinas y equipos en funcionamiento.

Mediante el informe de Evaluaciones Ambientales realizado en la empresa Pretector Ltda. (Ver apéndice 17), se lograron cuantificar los niveles de ruido y presión en las diferentes áreas donde se identificó personal laboralmente expuesto. Por medio de dosimetrías se evaluaron seis actividades, de las cuales todas reportaron niveles de ruido promedio superiores a 82 dB, el cual es el límite permitido para 12 horas de exposición. En cuatro de estas actividades, que son, corte, mantenimiento, carreta y gato hidráulico se registraron picos de ruido superiores a 100 dB.

La actividad en la que se registró la dosis más alta fue en la de corte, debido al uso de la máquina pulidora.

A nivel general se obtuvo, que todos los trabajadores que se evaluaron reciben exposición alta a ruido, con niveles de ruidos cercanos o superiores a 100 dB. Esto indica, según los valores límites

permisibles para la exposición ocupacional a ruido continuo o intermitente establecidos en el Artículo 42 de la Resolución 8321 de 1983 (Ver apéndice 18), que se requiere un tiempo máximo de exposición de 30 minutos, debido a que el nivel permisible máximo de ruido es de 115 Db.

6.2.2.1.6 Medición. Los controles de calidad realizados a las materias primas y los productos terminados son realizados manualmente gracias al conocimiento empírico de los operarios, razón por la cual no son precisos y requieren de una estandarización del proceso que a su vez pueda apoyarse en tecnología.

A continuación se resume en una tabla la información obtenida por medio del diagrama causa efecto:

Tabla 9.

Datos Relevantes Información Obtenida del Diagrama Causa Efecto.

Actividad	Información
Improductividad del proceso productivo	57%
Capacitaciones a los operarios	No
Volumen total de escombros de 3 meses	344 m ³
Volumen desperdicio por operario	0,15 m ³
Resultados análisis dosimetrías	Niveles de ruido promedio superiores a 82 dB (límite permitido para 12h laborales)
Resultados análisis dosimetrías de las actividades de actividades críticas (corte, mantenimiento, carreta y gato hidráulico).	Picos de ruido superiores a 100 dB
Control de calidad en el proceso	No

Nota: * Tabla resumen de datos relevantes basados en el diagrama causa efecto. Adaptado de Pretector Ltda. 2018.

6.2.3 Análisis de Despilfarros. El despilfarro se define “como todo aquello que no añade valor al producto o que no es absolutamente esencial para fabricarlo” (Hernández y Vizán, 2013, p. 21). Reconocer e identificar los desperdicios permite a la empresa disminuir o eliminar las actividades que están afectando la productividad, debido a que causan aumentos en los tiempos de producción, esperas, inventarios que generan mayores costos afectado no solo la productividad sino también la eficiencia del proceso.

Existen siete tipos de despilfarros: Sobreproducción, sobreproceso, inventario, tiempos, defectos, movimientos y transporte. Para realizar un adecuado diagnóstico de la planta, se hicieron recorridos, observaciones, reuniones, análisis de estudios realizados por parte de la planta para medir su productividad y así mismo se aplicó una lista de chequeo con el fin de realizar un diagnóstico cualitativo y cuantitativo. En la siguiente tabla se encuentran los diferentes tipos de despilfarros presentes en la producción de postes en concreto en Pretecor Ltda.

Tabla 10.

Despilfarros Detectados en el proceso productivo de Pretecor Ltda.

Tipo de despilfarro	Descripción de despilfarro	Causas que lo generan	Implicaciones
Sobre-Producción	Se genera mayor producción a la requerida.	Aunque se trabajan a pedido se presentan sobreproducción en la fabricación de postes en concreto debido a que no se tiene control de las cantidades a producir al generar mayor material del requerido.	Exceso de inventario y aumento de los costos.
Sobre-Proceso	Se requiere realizar limpieza en las secciones por desperdicio de concreto.	El desperdicio de concreto se genera especialmente por las vibraciones generadas en las formaletas para realizar el proceso de fundición del concreto.	Pérdida de tiempo y posibles atrasos en las entregas.
Inventario	Se presenta acumulación de inventario en la sección de productos terminados.	Causado por la sobreproducción, también por la demora en los despachos de los postes terminados.	Suele esconder problemas de producción como problemas de espacio y costos de almacenamiento además de presentarse deterioro en los productos por causa de la exposición al ambiente.
Tiempos	Se presentan esperas en la zona de fundición y armado de noyo.	Además de ser parte del proceso y por exposición ambiental también se presenta porque se cuenta con un proceso artesanal evidenciando la falta de maquinaria y tecnología.	Implica desperdicio de tiempo para la producción al aumentar los tiempos de producción afectado las entregas y generando incremento de costos.
Defectos	Se presentan algunos productos defectuosos los cuales presentan agrietamientos o no llegan a soportar la tensión requerida.	Los fallos en la calidad de los postes pueden presentarse por descuidos, falta de mantenimiento oportuno y adecuado o porque no se aplicó el vapor necesario para eliminar burbujas, debido a que no se cuenta con un control riguroso para determinar si el poste está listo o no.	Representa efectos no deseados y/o posibles reprocesos.

Tipo de despilfarro	Descripción de despilfarro	Causas que lo generan	Implicaciones
Movimiento	Se realizan largos desplazamientos entre líneas de producción.	Se presenta al no contar con los elementos requeridos en cada una de las áreas de trabajo causado por un diseño y distribución de planta inadecuado	Por los largos desplazamientos se produce un incremento en el tiempo de producción
Transporte	Se realizan largos desplazamientos con material.	Debido a que no todas las líneas cuentan con el material, los operarios deben recorrer largas distancias para llevar los materiales a la línea requerida	Mover material en largas distancias aumenta el tiempo de producción y aumenta los costos

Nota: * Descripción de los despilfarros presentes del proceso productivo de la empresa Pretector Ltda. 2017.

Además éste análisis se soporta con la lista de chequeo aplicada en la planta de producción para evaluar la existencia de despilfarros que afectan el proceso (Ver apéndice 19). En la siguiente tabla se resumen los porcentajes obtenidos de cada uno de los despilfarros presentes en el proceso productivo de Pretector Ltda.

Tabla 11.

Resumen Porcentajes Presencia de Despilfarros.

	Sobre Producción	Sobre Proceso	Inventario	Tiempo	Defecto	Movimiento	Transporte
Total	90	110	90	120	110	120	110
Máxima puntuación	120	120	120	120	120	120	120
Porcentaje cumplimiento	75,90%	91,67%	75,90%	100%	91,67%	100%	91,67%

Nota: * Detalle porcentual de despilfarros en los procesos de Pretector Ltda. 2017.

La siguiente figura representa el resultado de la calificación realizada anteriormente con la lista de chequeo de los siete despilfarros por medio del diagrama radial, el cual ilustra de forma más detallada y clara los resultados:

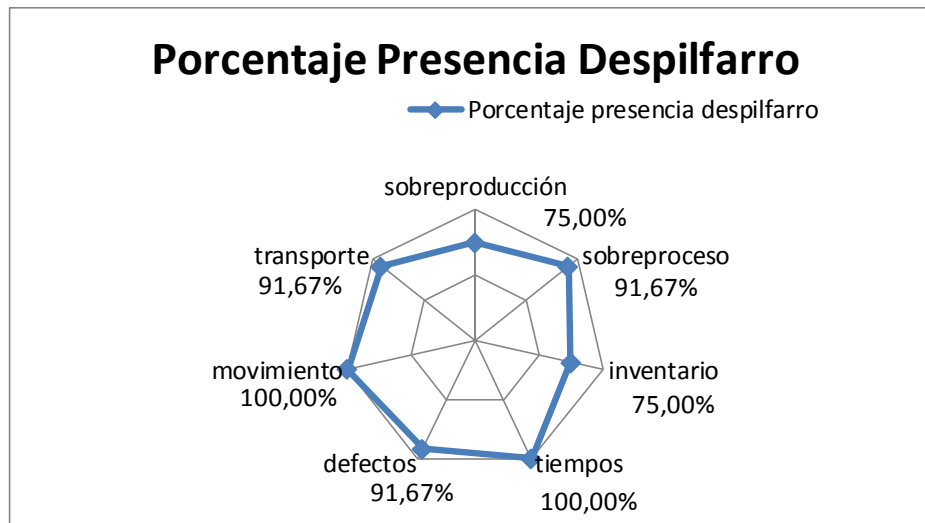


Figura 13. Diagrama Radial de Despilfarros. 2017.

Una vez obtenidos los resultados basados en los criterios de evaluación, se procede a realizar el análisis correspondiente concluyendo lo siguiente:

Los dos tipos de despilfarro con igual y más alto porcentaje presentes en el proceso de producción de postes en concreto son los tiempos y movimientos con un 100% evidenciado que se consume gran tiempo en realizar las tareas, debido a los largos desplazamientos que deben recorrer los operarios para trasladar recursos y desplazarse de una línea a otra para realizar las actividades correspondientes, además debido a que se cuenta con un proceso artesanal, los operarios deben realizar grandes esfuerzos desplazando los recursos a las zonas correspondientes, para trasladar el concreto a la zona de armado de formaleta, como mínimo deben realizar una carga de 30 kg con la carretilla vacía, soportando así la falta de tecnología en el proceso como la falta de un diseño y distribución de planta más adecuado para llevar a cabo el proceso productivo, el cual permita disminuir tiempos y hacer el proceso más productivo. Dado que la empresa trata de trabajar a pedido se presenta menor despilfarro en sobreproducción e inventario, aun así se presenta

un porcentaje alto causado por la capacidad de las máquinas lo que lleva a producir más de lo requerido.

En el área de las formaletas en armado, fundición y curado del poste, se genera gran cantidad de desperdicio de concreto por la forma en que se realiza el vaciado del mismo y por las vibraciones requeridas para dar consistencia y homogeneidad a la mezcla con el fin de eliminar burbujas, esto implica que los operarios inviertan tiempo y esfuerzo retirando dicho desperdicio, se genera 0,15 m³ de desperdicio al día por operario, por lo tanto se hace indispensable buscar y seleccionar una forma más eficiente y adecuada para vaciar el concreto, evitando así desperdicio que incurren en pérdidas para la empresa y tiempos improductivos. Además de generar reprocesos que implican tiempo y desgaste en los operarios por el esfuerzo que deben realizar, éstos también son causados por fallas humanas y por falta de una adecuada planificación. Con 91,67% de transporte y un 100% de movimiento se evidencia la necesidad de implementar un diseño y distribución de planta en el que se disminuya las distancias que deben recorrer los operarios especialmente de las líneas a las zonas de mezclado, corte de acero y espirales.

6.2.4 Análisis de Encuestas. Por medio de interacción directa con los operarios involucrados con el proceso productivo, se realizó una encuesta con el objetivo de conocer la perspectiva de ellos respecto a la empresa, su experiencia y las formas en la que realizan sus actividades a cargo. Además de esto, conocer sobre las edades y condiciones físicas en las que se encuentran, teniendo en cuenta que el mejoramiento que se quiere hacer en el proceso incluye la aplicación de tecnología y equipos automatizados, para lo cual se requerirán en preferencia operarios que estén mentalmente facultados para su operación. (Ver apéndice 13).

6.3 Diagnóstico del Diseño de Planta

A continuación, se evidencia el proceso realizado para el diagnóstico del diseño de planta por medio de los diagramas de flujo, recorrido, así mismo una validación de tiempos, estudio de tiempos, análisis de capacidad y de demanda, con el fin de evaluar la distribución actual del proceso productivo:

6.3.1 Distribución Actual Planta de Producción. Como parte del diagnóstico de la distribución actual de la planta, se determina el área empleada por cada una de las zonas actuales de la planta de producción y el porcentaje que representa respecto al área total, para lo cual se tuvo en cuenta las dimensiones de cada una de las máquinas y equipos implicados en el proceso (Ver apéndice 6). Además de esto también se determinan las áreas de cada una de las líneas de producción y el porcentaje de área que ocupa cada estación de trabajo (Ver apéndice 20). A partir de los datos obtenidos se concluyen los siguientes factores relevantes:

- ✓ La línea con mayor área es la línea 1 y la de menor área es la línea 2.
- ✓ La estación de trabajo que mayor área ocupa en cada línea es la de almacenamiento, el resto de las estaciones ocupan un área similar en todas las líneas.
- ✓ El área ocupada por las líneas de producción pertenece al 86,18% del total de la planta.

Las zonas de almacenamiento de materias primas se encuentran ubicadas en las estaciones de los procesos que son comunes para todas las líneas productivas, como lo son:

- Corte de aceros
- Corte de espirales

- Generación de vapor

Cada una de las zonas de estos procesos cuenta con un área destinada para almacenar materias primas como, cemento, arena, triturados, torones y alambres de acero. Se determinaron las áreas y los porcentajes que cada una de estas representa en el área total de almacenamiento de materias primas. El almacenamiento destinado para el producto terminado es independiente para cada línea de producción. Cada una de las líneas cuenta con su propia área donde los postes son almacenados por referencias, pues se debe tener en cuenta la longitud y la resistencia a la rotura para evitar que los postes puedan sufrir daños, especialmente porque esta etapa final requiere de cuidado ya que enseguida los postes son trasladados a ésta zona, no cuentan con la dureza y las propiedades suficientes, pues estas son adquiridas con el tiempo, de esto, la importancia de las buenas condiciones de almacenamiento.

6.3.1.1 Diagrama de Áreas. Se realiza una valoración de espacios para la planta de producción actual, basado en el plano general de la planta de producción (Ver apéndice 21) y los planos individuales de cada una de las líneas de producción (Ver apéndice 22) facilitados por la empresa, para lo cual se determinan las áreas en metros cuadrados y los porcentajes de área que corresponden a cada una de las zonas del proceso, respecto al área total.

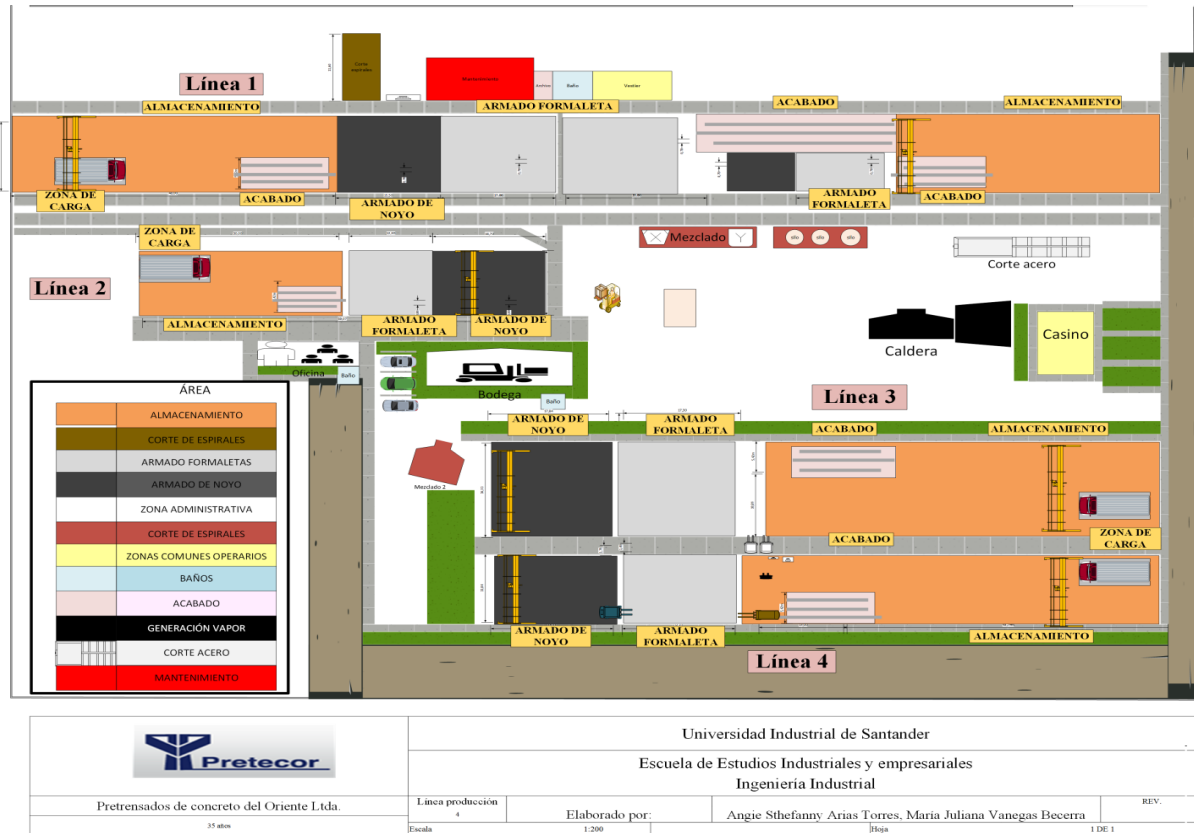


Figura 14. Diagrama de Áreas Planta de Producción de postes en Concreto. Adaptado de Pretecor Ltda. 2018.

Como parte del diagnóstico, se determina el área empleada por cada una de las estaciones de trabajo de las distintas líneas productivas para lo cual se tiene en cuenta, las dimensiones de cada una de las máquinas y equipos en funcionamiento, además de los pasillos o espacios entre máquinas dispuestos para los desplazamientos de los operarios.

De igual manera se calculan los porcentajes de área que corresponden a cada una de las zonas de la planta de producción, respecto al área total.

Las zonas de almacenamiento de materias primas se encuentran ubicadas en las estaciones de los procesos que son comunes para todas las líneas productivas, como lo son:

- Corte de aceros
- Corte de espirales

- Generación de vapor

Cada una de las zonas de estos procesos cuenta con un área destinada para almacenar materias primas como, cemento, arena, triturados, torones y alambres de acero. Se determinaron las áreas y los porcentajes que cada una de estas representa en el área total de almacenamiento de materias primas.

El almacenamiento destinado para el producto terminado es independiente para cada línea de producción. Cada una de las líneas cuenta con su propia área donde los postes son almacenados por referencias, pues se debe tener en cuenta la longitud y la resistencia a la rotura para evitar que los postes puedan sufrir daños, especialmente porque esta etapa final requiere de cuidado ya que enseguida los postes son trasladados allí, no cuentan con la dureza y las propiedades suficientes, pues estas son adquiridas con el tiempo, de esto, la importancia de las buenas condiciones de almacenamiento.

6.3.2 Requisitos de Infraestructura. La distribución actual de cada una de las áreas dispuestas en la planta de producción implica grandes distancias entre estaciones de trabajo, lo cual genera un proceso con largos desplazamientos, esperas, mayor esfuerzo físico y elevados tiempos de producción.

A partir de la observación directa del proceso productivo, y con base en la normativa dispuesta en la Resolución 2400 de 1979 en la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en establecimientos de trabajo, se identifican los factores críticos que requieren mejorarse con las propuestas de diseño del proceso que se plantearán.

6.3.2.1 Espacio entre Máquinas y Equipos. Los espacios existentes entre máquinas y equipos, y todos los demás espacios por donde puedan desplazarse los operarios, transportarse la materia prima y los recursos de producción, se consideran pasillos, y sus dimensiones dependen del flujo y el volumen que haya de operarios y de material, además de las dimensiones de los recursos que por aquí circulen.

Tabla 12.

Normativa dispuesta en la resolución 2400 de 1979.

Situación	Metros
Anchura mínima de los pasillos interiores	1,20
Distancia mínima entre máquinas, aparatos, equipos, etc.	0,80
Espacio libre que debe haber alrededor de los hogares, hornos, calderas o cualquier otro equipo que sea un foco radiante de energía térmica (calor)	1,50
Altura mínima entre el piso y el techo, por donde deben transitar los trabajadores y en donde se encuentren instaladas estructuras que soporten máquinas, equipos, etc.	1,80

Nota: * Normativa dispuesta en la Resolución 2400 de 1979, en el que se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. Tomado de Resolución 2400, 1979.

Las áreas de fundición, armado de noyo, y acabados, son espacios que por los equipos que tienen lugar en los procesos que allí se realizan y por la disposición de los mismos, requieren de una distribución adecuada que permitan un flujo adecuado para el desarrollo de las actividades

6.3.2.1.1 Zona de Armado de Formaleta. Los procesos implicados en el armado de formaleta involucran equipos y recursos, como las formaletas y las carretillas, mediante las cuales se llevan a cabo el transporte de concreto en carretillas y el vaciado de este en formaletas mediante apaleado, actividades que requieren tener el espacio suficiente entre formaletas, que permita ubicar cómodamente las carretillas en medio de ellas y además de esto que le permita realizar al operario el movimiento de apaleamiento de la manera más cómoda y segura posible.

Tabla 13.

Espacio entre Formaletas Existente en cada Línea de Producción.

Línea de Producción	Espacio entre Formaletas y Espacio entre Noyos (m)
N ° 1	0.70
N ° 2	0.80
N ° 3	1.79
N ° 4	1.49

Nota: * Espacios dispuestos entre formaletas y noyos para cada línea de producción.

Del espacio actual existente entre formaletas, dependiendo de la línea de producción, y teniendo en cuenta la norma dispuesta para las máquinas y equipos emisores de calor de la Resolución 2400 de 1979 (parágrafo 2 del capítulo I del título II,) se concluye que solo en las líneas 3 y 4 se cumple la distancia requerida para esta situación, ya que el espacio libre que debe haber alrededor de ellos es de mínimo 1,50 m.

6.3.2.1.2 Zona de Armado de Noyo. Las actividades que se requieren para el armado de noyo, como, lo son la aplicación de aceites a cimbras y base, ubicar y amarrar las cuerdas activas y pasivas, son actividades que son realizadas manualmente por los operarios, y requieren del transporte de cuerdas desde las zonas de aceros y espirales hasta zona de armado de noyos, además de tener el carro de aceite al lado del noyo y realizar la aplicación de este, lo cual implica gran flujo de operarios a lo largo de los espacios entre noyos. Es por esto que se tiene un espacio mínimo entre noyos de 0.65 m.

Según lo dispuesto en la norma sobre la distancia mínima que se requiere entre máquinas y equipos para que el operario pueda desarrollar todas sus actividades sin dificultad y riesgo alguno, la norma dispone que debe ser no menor a 0,80 m en ningún caso, de lo cual teniendo en cuenta

las distancias existentes entre noyos, las líneas 2, 3 y 4 cumplen con la distancia necesaria, excepto la línea 1 cuya distancia es de 0,70 m.

6.3.2.1.3 Zona de Acabados. El proceso de acabado involucra actividades de corte, las cuales son realizadas manualmente por un operario que se encarga con la ayuda de una pulidora de quitar y pulir los sobrantes de torón y trenza mediante los que fue tensado el poste, esto requiere un espacio suficiente para los operarios que le permita maniobrar correctamente la herramienta de corte, de manera que todo se realice de forma segura y sin interrumpir el resto de las operaciones. Además de esto también se lleva a cabo el resane y la pintura del poste, lo cual se realiza manualmente y de igual manera requiere de un espacio considerable que le permita al operario realizar estas actividades sin ninguna interrupción y con la mayor exactitud posible.

El espacio actual entre soportes de acabados es un espacio variable, ya que los soportes son móviles y pueden adaptarse a la zona de trabajo, por lo que se pueden adaptar correctamente los pasillos para realizar este proceso, dejando la anchura mínima prevista para los pasillos interiores en la Resolución 2400 de 1979 , la cual es de 1,20 m.

6.3.3 Diagrama de Recorrido. En la siguiente figura se observa el diagrama recorrido, modelo escala que representa el lugar donde se efectúan las actividades realizadas y el trayecto seguido por los operarios, materiales o equipos en cada una de las líneas de producción de productos prefabricados en concreto de Pretecor Ltda. Para realizar éste diagrama se realizaron mediciones en la planta, así mismo se soportó con un plano en AutoCAD suministrado por la empresa (Ver apéndice 21).

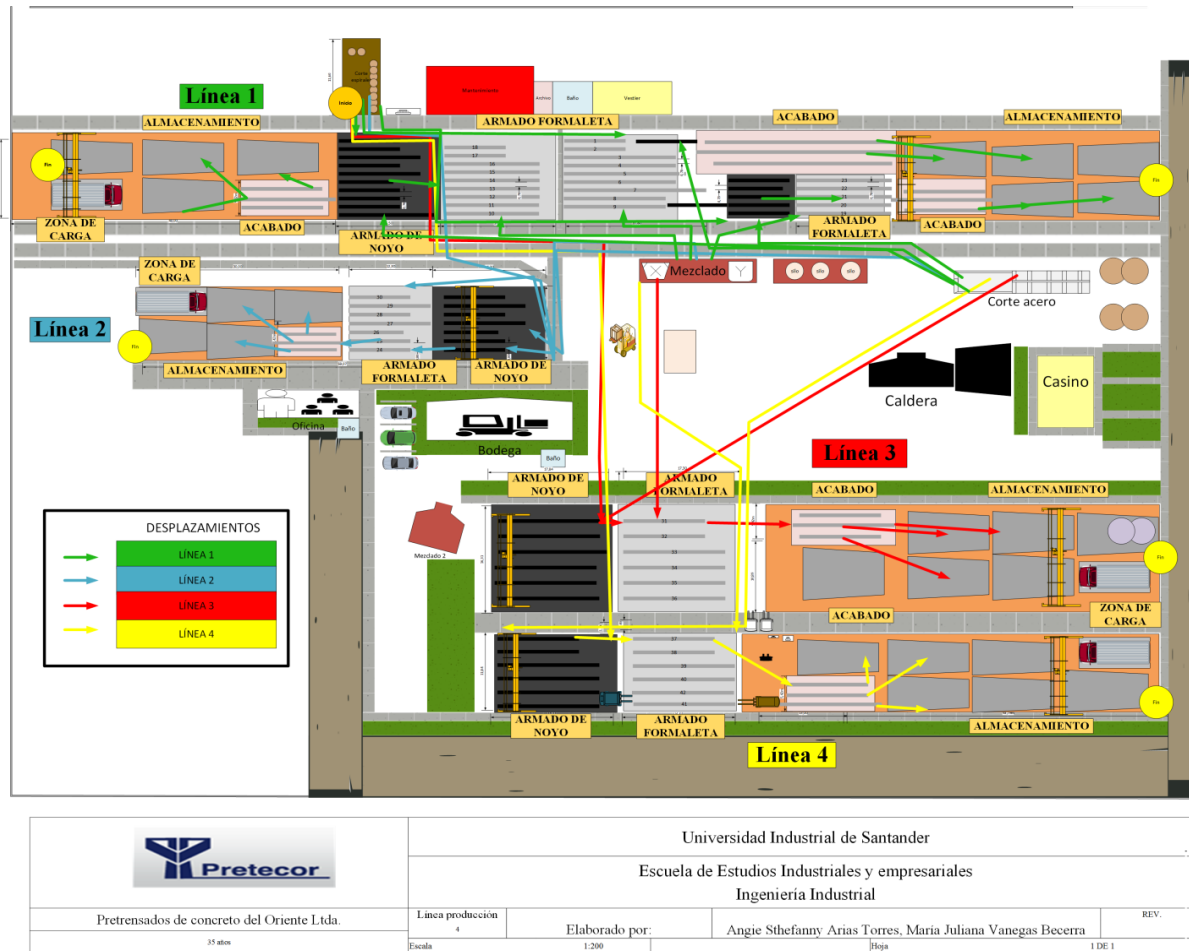


Figura 15. Diagrama Recorrido Línea 4. Adaptado de Pretector Ltda. 2017.

El círculo de color naranja indica el inicio del proceso y los círculos amarillos indican el fin del proceso para cada línea en la zona de almacenamiento, en éste diagrama se muestra el recorrido que se realiza para llevar a cabo el proceso en cada una de las líneas de producción de forma general, en el diagrama spaghetti se especifica cada uno de los movimientos.

En la tabla 14 se observa un estimado de la distancia de los desplazamientos que se realizan, debido a que el desplazamiento es continuo a cada una de las posiciones de los elementos como noyos y formaletas, debido a que son las áreas de trabajo que abarca la mayor parte de proceso.

6.3.4 Diagrama Spaghetti. Por medio de este diagrama se busca evidenciar cómo son los movimientos realizados por los operarios dentro del proceso productivo, lo que permitirá conocer los movimientos y ayudará a identificar un orden adecuado de los centros de trabajo cuyo principal objetivo es disminuir los tiempos invertidos en desplazamientos.

El círculo naranja especifica que el proceso inicia en la zona de corte de espirales y los círculos amarillos muestran el fin del proceso en cada línea en el almacenamiento de los productos terminados (postes).

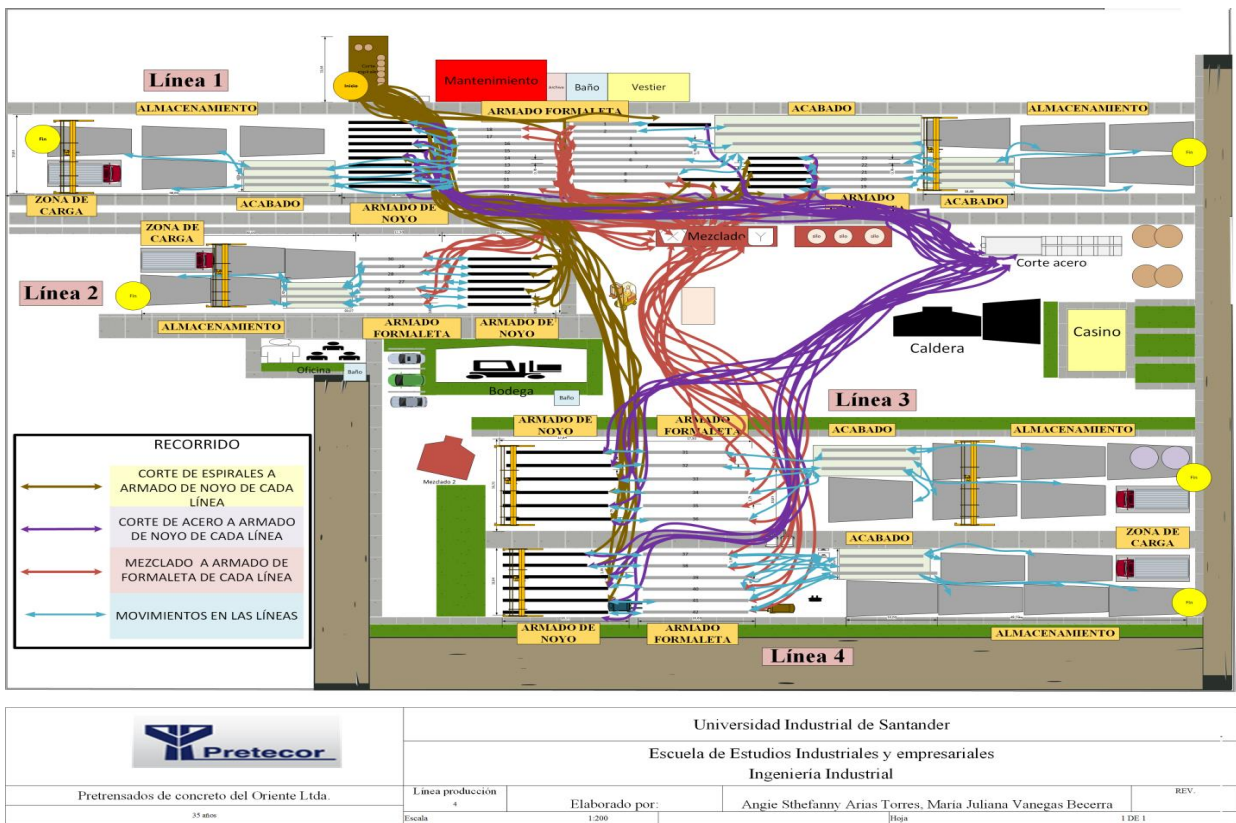


Figura 16. Diagrama Spaghetti. Adaptado de Pretector.2018.

En la siguiente tabla se registran las distancias recorridas en el proceso de producción de postes en concreto, desde los diferentes centros de trabajo y cada línea de producción:

Tabla 14.

Distancias Recorridas en Metros entre los Centros y las Líneas de Producción.

Origen	Destino	Distancia (m)			
		Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4
Corte espirales	Armado de noyo	117,5	37,05	90	104
Mezcladora	Armado de formaleta	115	57	90	134,2
Corte acero	Armado de noyo	186	96	75,5	136,01
Armado de noyo	Armado de formaleta	37,51	16,79	17,84	18,11
Armado de formaleta	Acabado	66,3	12,3	17,30	18,89
Acabado	Almacenamiento	26	43	40	40
	Total	548,31	262,14	330,64	433,1

*Nota: *Tabla resumen de la distancias en metros entre los diferentes centros de trabajo y cada una de las líneas de producción Adaptado de Pretector Ltda. 2018.*

Como se evidencia en los diagramas de recorrido y spaghetti, existen largos desplazamientos especialmente en la línea 1 y 4, las cuales representan un total de 548,31m- 433,1 m respectivamente, causados por una inadecuada distribución de planta en donde los centros de trabajo como zona de corte de acero, corte espirales y mezclado se encuentran alejados de las líneas y representan los mayores desplazamientos, así mismo se puede observar que la línea 1, cuenta con el 55% de las formaletas, lo que hace que esa línea tenga la mayor distancia recorrida, es por ello que tiene una distribución diferente a la de las demás líneas y en apariencia más desordenada.

6.4 Diagnóstico Capacidad Productiva

6.4.1 Estudio de Tiempos. Para el estudio de tiempos de la producción de postes en concreto se emplea el modelo de estudio de tiempos por cronómetro, debido a que éste es el único método que permite medir directamente los tiempos del operario, además permite una observación

detallada del ciclo y método. Se realiza una muestra de 10 datos con el fin de validar un estudio de tiempos realizado en el proyecto de simulación desarrollado por Pretercor Ltda., el cual da continuidad a la realización de éste proyecto. Así mismo se soporta con una entrevista realizada al supervisor de la planta (Ver apéndice 16) y una validación de los tiempos obtenidos por parte del jefe de producción.

6.4.1.1 Muestra. Se toma una muestra de tamaño 10 para las referencias 8, 12 y 14 de proceso productivo (Ver apéndice 14), con el objetivo de realizar una validación de los tiempos para previamente determinar un tiempo tipo de las respectivas referencias, base para realizar el análisis de capacidad instalada y utilizada de la planta para cada una de las líneas. Lo cual permitirá en el desarrollo del proyecto realizar los análisis pertinentes de diseño de planta actual con la propuesta de diseño que sea seleccionada, con el fin de generar un proceso más eficiente con un diseño de planta que contribuya con el mejoramiento productivo, por ello se requiere realizar un estudio de tiempos por medio del cual se van a validar los datos suministrados por la empresa base para analizar el proceso y diseño actual.

Con este análisis se evidencia que la variación de tiempo de las actividades entre las líneas es muy mínima, debido a que en todas las líneas se realiza el mismo proceso productivo pero se diferencia en las distancias que se deben recorrer entre los diferentes centros de trabajo para llevar a cabo la operación.

6.4.1.2 Análisis de Resultados Validación. Se realizó la validación de los tiempos obtenidos respecto a los tiempos suministrados por la empresa. Para ello se aplicó una prueba t haciendo uso de la herramienta Minitab para cada proceso y para las respectivas referencias (8, 12 y 14). (Ver apéndice 23), con el objetivo de determinar si se presentaba similitud entre estos. Las conclusiones arrojaron la aceptación de la hipótesis nula, evidenciando que los tiempos evaluados presentan el

mismo comportamiento, por lo tanto se presenta una validación aceptable de los tiempos de los procesos de producción de postes en concreto de Pretecor Ltda.

6.4.1.3 Tiempo Tipo. A continuación se evidencian los tiempos obtenidos de cada una de las líneas para las tres referencias (Ver apéndice 24):

Para realizar el estudio de tiempos no se tuvieron en cuenta algunas actividades en las cuales hay una preparación previa del material como espirales y acero, debido a que son actividades que se realizan de forma quincenal o semanal según sea su disponibilidad de material.

Algunos procesos que se realizan en áreas comunes para las cuatro líneas como lo son concreto, vapor no presentan diferencias en los tiempos de producción entre las cuatro líneas, además se tuvo en cuenta la relación de algunas actividades debido a que estas se realizan en paralelo.

Tabla 15.

Tiempo Tipo en horas para cada Línea del Proceso Productivo para las Referencias 8, 12 y 14.

Líneas de producción	Tiempo tipo (Hrs)		
	Ref. 8	Ref. 12	Ref. 14
Línea 1	5,59	6,06	6,63
Línea 2	5,78	6,02	6,52
Línea 3	5,55	6,03	6,53
Línea 4	5,48	5,95	6,44

Nota: * Tabla resumen del tiempo tipo de cada proceso y total por referencias del proceso de producción de postes en concreto. Adaptado de Pretecor Ltda. 2018.

Los tiempos de producción que se muestran en la tabla 15, reflejan que el diseño y distribución actual del proceso no es adecuado, en el cual en promedio un poste de 8 m demora 5 h en ser producido, uno de 13 m toma 6 h y un poste de 14 m demora 7 h, debido a dos principales factores, el proceso carece de tecnología lo cual hace que se desarrolle de manera más lenta y con mayores

riesgos, además se invierten tiempo en actividades que no agregan valor al proceso como los largos desplazamientos que deben realizar entre los procesos para llevar a cabo la producción, tiempos que podrían ser menores si se desarrollara el proceso de una forma mas adecuado, es por ello que la los directivos de la planta buscan un nuevo diseño y distribución de su proceso.

La línea de producción que mayor tiempo requiere es la número 1, de lo cual se puede inferir que se debe a la inadecuada distribución que se presenta en esta, ya que las estaciones de trabajo no se encuentran correctamente delimitadas, además de contar con la mayor área de producción entre las cuatro líneas, lo cual requiere que los operarios realicen mayores desplazamientos.

6.4.2 Análisis de Demanda. Como es ampliamente conocido, tanto el exceso como la falta de inventario, afecta en gran medida la disponibilidad que tiene la planta para afrontar y atender oportunamente a sus clientes, así mismo amortiguar una demanda imprevista, por lo cual se ve la necesidad de que la planta conozca su capacidad, y de esta manera analizar si es capaz de suplir su demanda.

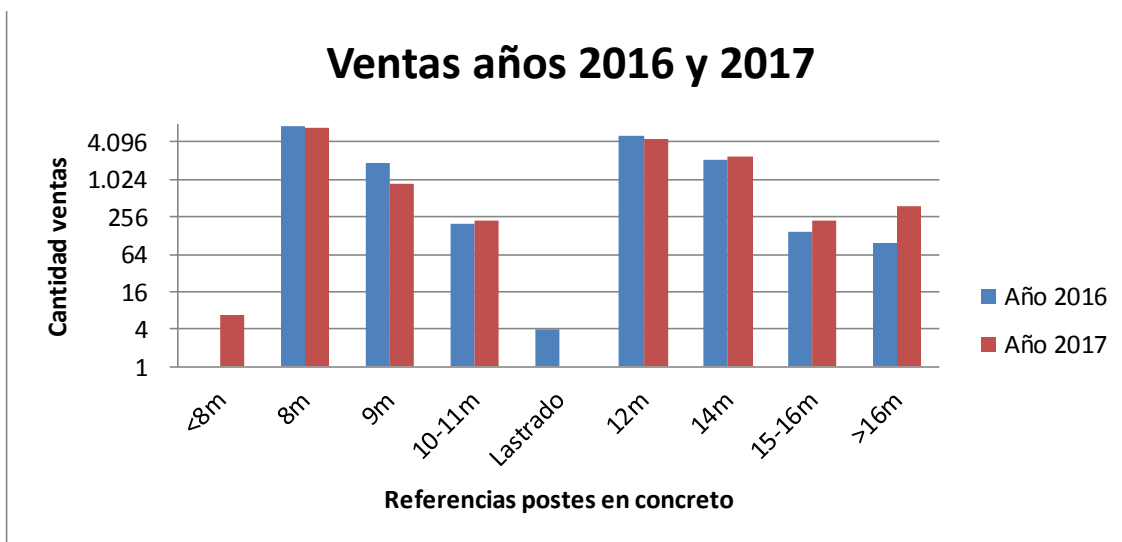


Figura 17. Ventas de Postes en Concreto para los Años 2016 y 2017 en Pretector Ltda.

En la figura anterior se puede observar que en el año 2016 se realizaron más ventas con 17.123 unidades vendidas y en el año 2017 con un total de ventas de 15.328 postes (Ver apéndice 25) así mismo se evidencia que las referencias más vendidas en los dos años son los postes de longitud de 8, 12 y 14 metros, datos que se soportan con el Pareto de ventas que se muestra en la figura 18, para hacer más evidente las referencias de postes más vendidos:

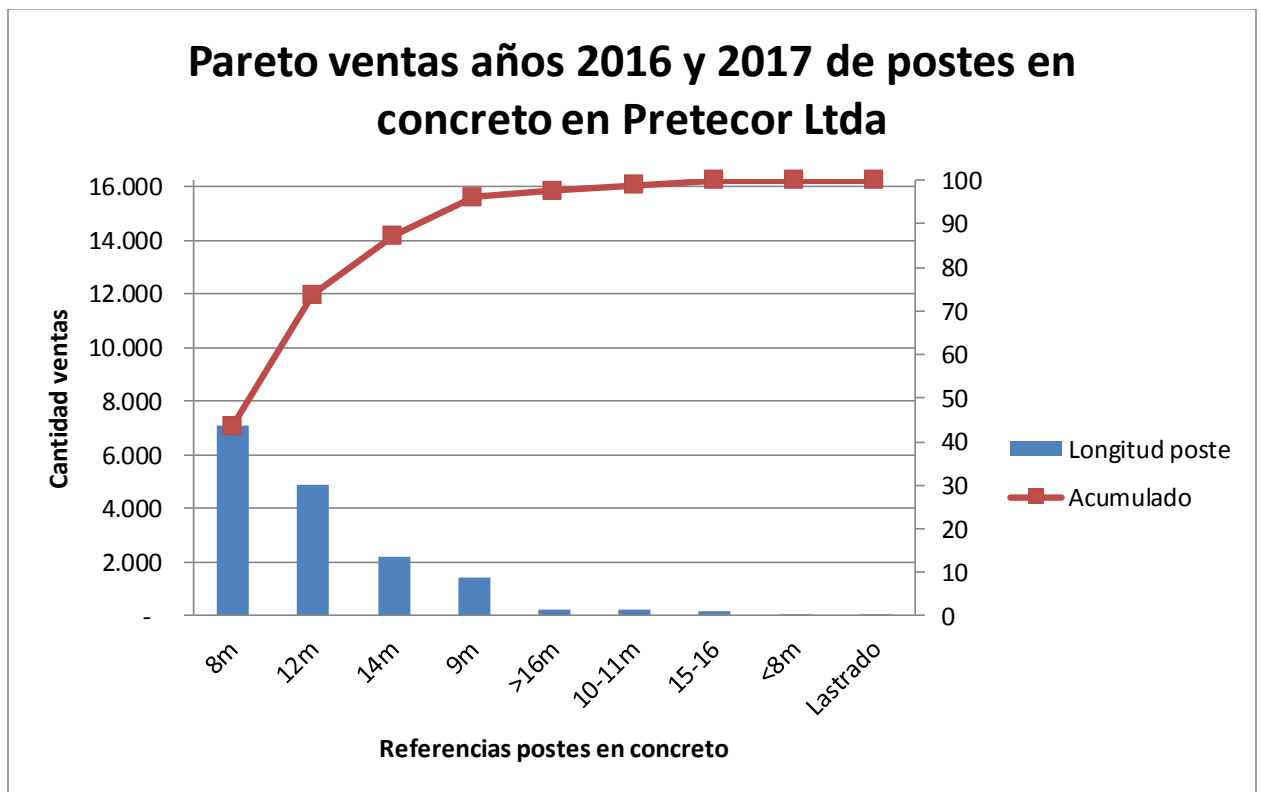


Figura 18. Pareto Ventas Años 2016 y 2017 de Postes en Concreto en Pretecor Ltda.

El Pareto permite ver que la mayor demanda en los dos años se dio en las referencias de postes de 8 y 12 m, donde el 43,65% corresponde a la referencia de 8 m y un 30,03% para a referencia 12, seguida por la referencia 14 con un 13,7 % de las ventas. Razón por la cual para el desarrollo de este proyecto se tomaron estas tres referencias por ser las más demandadas.

Los Directivos manifestaron su interés en aumentar su producción en grandes lotes por lo cual buscan aumentar su capacidad máxima de 2200 a 2600 unidades mensuales.

6.4.3 Cálculo de la Capacidad Productiva. A continuación se realiza el análisis de la capacidad máxima de producción en términos de capacidad instalada, como la capacidad real de producción denominada capacidad utilizada con la que cuenta la planta de concreto de Pretector, basada en los tiempos suministrados por la empresa previo a la validación de tiempos para realizar los análisis pertinentes.

La siguiente figura corresponden a los resultados obtenidos de la capacidad instalada como la capacidad utilizada para un turno de 10.5 horas efectivas (Ver apéndice 15), para cada una de las referencias estudiadas:

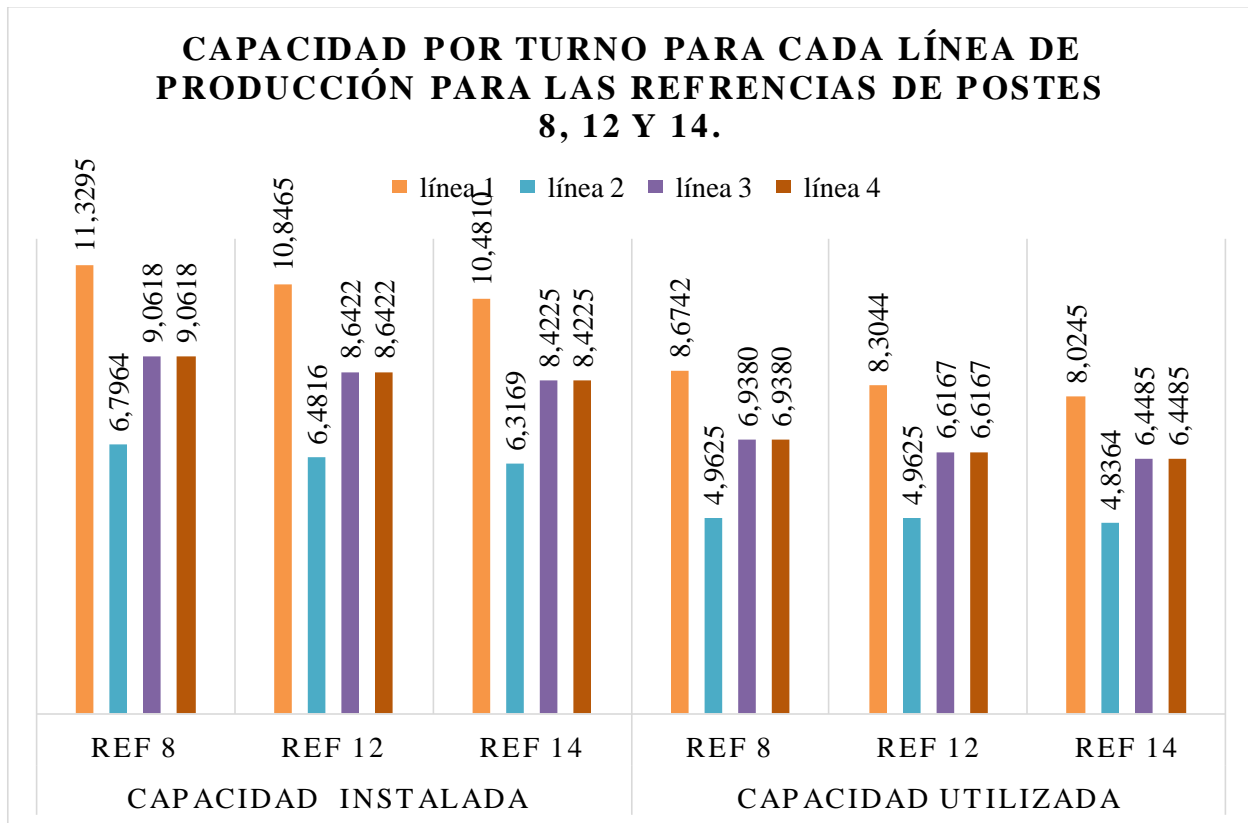


Figura 19. Capacidad Instalada y Utilizada para cada una de las Líneas para las Referencias de Postes 8, 12 y 14.

Los resultados obtenidos revelan que el recurso restrictivo de la capacidad en la producción de postes en concreto se encuentra en el proceso de curado, debido a que en este se realiza una actividad llamada fraguado encargada de endurecer la mezcla, el cual toma entre 3 y 4 horas según sea la referencia, éste proceso es de vital importancia ya que se encarga de dar al poste las especificaciones requeridas.

Aunque las líneas de producción realizan el mismo proceso (Producción de postes), y como se menciona en el estudio de tiempos, no se presenta gran variación de tiempo entre una línea y la otra, debido a que todas las líneas realizan el mismo proceso productivo para todas las referencias únicamente se presenta diferencia en los desplazamientos que deben realizar entre los diferentes procesos y la cantidad de equipos con los que cuenta cada una, en la figura 19 se observa que la línea que tiene mayor capacidad es la línea uno, debido a que ésta línea es la más grande de todas pues cuenta con el 55% de las formaletas (Ver tabla 7) en las cuales se lleva a cabo la mayor parte del proceso y por ende requiere de más operarios, generalmente se trabaja con 25 operarios para esta línea, se obtiene una capacidad instalada para las referencias 8 de 11 postes por turno y para las referencias 12 y 14 de 10 postes por turno y una capacidad utilizada de 9, 8 y 8 postes por turno respectivamente.

Para la línea dos se evidencia que es la línea que menos capacidad tiene, debido a que es la más pequeña de todas y requiere de menos operarios, cuenta con una capacidad instalada para las referencias 8 de 7 postes por turno y para las referencias 12 y 14 de 6 postes por turno y una capacidad utilizada de 5 postes por turno para las tres referencias.

También se evidencia que entre las líneas 3 y 4 se cuenta con similar capacidad, debido que presentan la misma distribución y cantidad de equipos para llevar acabo su operación, se cuenta con una capacidad instalada de 9, 9 y 8 postes por turno para las referencias 8, 12 y 14 y una capacidad utilizada de 7, 7 y 6 postes por turno respectivamente, además éstas líneas comparten los operarios, debido a la polivalencia con la que se trabaja, realizando rotación de operarios entre los diferentes procesos.

También se observa que la referencia de postes que más se produce es la referencia 8, debido a requiere menos tiempo de producción, donde las líneas (1, 2, 3 y 4) cuentan con una capacidad instalada de 11, 7, 9 y 9 postes y una capacidad utilizada de 9, 5, 7 y 7 postes por turno respectivamente. La referencia 12 cuenta con una capacidad instalada de 11, 7, 6, 8 y 8 postes por turno respectivamente y una capacidad utilizada para la línea 1 de 8 postes, para la línea 2 de 5 postes por turno y para las líneas 3 y 4 se producen 7 postes por turno. Finalmente la referencia que menos capacidad presenta por ser la que más toma tiempo para ser producida es la referencia 14 con una capacidad instalada de 11 y 6 postes por turno para las líneas 1y 2, para las líneas 3 y 4 de 6 postes por turno, y una capacidad utilizada de 8, 5, 6 y 6 postes por turno respectivamente.

Además, como es usual la planta no está trabajando con toda la capacidad que cuenta (Ver apéndice 25), tiene una capacidad instalada para las referencias 8, 12 y 14 de 36.25, 34.61, 33.64 de postes por turno respectivamente y con una capacidad utilizada de 27.51, 26.50, 25.76 de postes por turno, encontrando una diferencia de capacidad de 8.74, 8.11, 7.89 para cada referencia, es decir por turno esta cantidad de postes es lo que se está dejando de producir.

6.5 Resultados del Diagnóstico

Por medio de los diagramas de recorrido (Ver figura 15) y spaghetti (Ver figura 16) se evidencia el exceso de desplazamientos que deben realizar los operarios para llegar a las zonas de trabajo requeridas lo que conllevan a invertir tiempo en actividades que no agregan valor al proceso, tomando incluso una distancia total recorrida de su línea 1 de 548,31 m (Ver tabla 14), siendo ésta la línea que más desplazamientos tiene; además el diagrama de áreas (Ver figura 14) permite observar la cantidad de espacio empleado para la producción (6389m²) de los 24000 m² con los que cuenta toda la planta, esto es lo que los Directivos buscan disminuir debido a que ocupar tanto espacio también implica una mayor inversión, su principal objetivo es producir más en menos espacio, por lo cual se dio inicio a este proyecto. Esto sustenta el problema de la inadecuada distribución de la planta, pues como se ha mencionado anteriormente las zonas de corte de acero, corte de espirales y mezclado tiene una ubicación que no beneficia la productividad del proceso, pues implica invertir exceso de desplazamiento que hacen que el proceso sea improductivo, como se sustenta en el análisis de valor añadido y no añadido realizado por la grupo empresarial EPM (Empresas Públicas de Medellín) bajo el proyecto desarrollo de proveedores en el año 2014, el cual arrojó una improductividad del 57% (Ver apéndice 12).

A causa de la alta improductividad detectada en el proceso, los Directivos buscan tomar medidas, por lo cual fue indispensable desarrollar este diagnóstico, con el objetivo de identificar los problemas y errores presentes, uno de los factores más importantes a conocer en una planta es la capacidad con la que cuenta, por ello se realizó dicho análisis para determinar la capacidad

instalada y la utilizada de cada una de las líneas. Por medio del análisis de capacidad se realizó una comparación de las cuatro líneas de producción, en donde se evidencia la línea una es la que cuenta con más capacidad debido a que es la línea que ocupa más área, contiene más equipos para llevar a cabo el proceso y la de menor capacidad es la línea 2, esta es la más pequeña de todas, en la líneas 3 y 4 se presenta similar capacidad, también se identifica que el proceso cuello de botella de la planta es el proceso de curado, el cual toma entre 3 y 4 h (Ver figura 19).

Además por medio del estudio de tiempos (Ver apéndice 14) se logra soportar el problema focalizado en el del diagrama Ishikawa (Ver figura 12), los elevados tiempos de producción (Ver tabla 15), tiempo que podría ser menor si el proceso contara con más tecnología que permita llevar la fabricación de los postes de una forma más efectiva, así mismo más amigable con los trabajadores y en menos espacio, de tal forma que se eliminen actividades que no generan valor al proceso como los desplazamientos, esperas, monte y desmonte de piezas (Ver apéndice 12).

También se identificaron los problemas presentes como la inadecuada planeación en la forma como se lleva a cabo el proceso productivo, mostrado en el diagrama de procesos (Ver apéndice 6); lo cual tiene incidencia principalmente en la mano de obra, debido a que a los operarios únicamente reciben una inducción al momento de su ingreso, pero no se les realizan capacitaciones constantes de la forma cómo debe desarrollarse el proceso o incluso una educación continua enfocada en potenciar sus capacidades, lo cual les permita apropiarse de su profesión y así contribuir mejor al proceso. Además, cabe resaltar la inadecuada distribución de planta (Ver figura 14) y la falta de tecnología, el proceso es demasiado artesanal y rudimentario, lo cual implica esfuerzos físicos, largos desplazamientos y tiempo de producción.

El análisis de despilfarros soportado con la lista de chequeo (Ver apéndice 19) y un análisis de valor añadido y no añadido (Ver apéndice 12) realizado por la empresa, se resaltan los principales desperdicios generados en la planta como desperdicio de concreto 0,15 m³ diarios por operario, también por causa del inadecuado diseño de planta se presentan movimientos y largos desplazamientos (Ver Figura 15) entre las líneas y los diferentes procesos que se ejecutan, así mismo el esfuerzo y el tiempo invertido en el monte y desmote de las piezas, al momento de cambiar la longitud de las formaletas dependiendo de las ordenes de pedido, lo que evidencia un proceso rudimentario e improductivo.

Todo lo anterior nos lleva a identificar la necesidad de recurrir a un nuevo diseño y distribución de planta, mediante de cual se busca aumentar la productividad y disminuir los factores mencionados como espacio, desplazamientos, desperdicios, lesiones, incapacidades y tiempos de producción

Dado el cumplimiento del diagnóstico del proceso actual y del diseño de planta de Pretector, haciendo uso de las herramientas empleadas anteriormente con el objetivo de identificar factores que afectan la productividad de la planta y que son clave para implementar las mejoras requeridas, se pudo determinar: Problemas legales de los cuales se encuentran en la espera de la respuesta del Plan de Ordenamiento Territorial (POT), para el traslado de la planta, además, se soporta el inadecuado diseño de planta el cual genera largos desplazamientos, despilfarros principalmente en concreto, inventario, tiempos de producción, transporte y movimiento. Asimismo, el alto riesgo de accidentes, lesiones e incapacidades laborales, producto de lo artesanal del proceso al contar con maquinaria considerada ya obsoleta. El elevado tiempo de producción causado por esperas, movimientos, monte y desmonte de piezas, todo es causa de un proceso que presenta un alto porcentaje de improductividad (57%), el cual también requiere de una adecuada planeación.

6.5.1 Análisis de Productividad de Líneas de Producción. En la siguiente tabla se evidencia las diferencias existentes entre las líneas del proceso productivo, con el fin de comparar cómo se encuentran respecto en las demás en términos de capacidad, desplazamientos, tiempos; contribuyendo en un análisis que permita identificar las falencias actuales de cada una, sirviendo como referente posibles mejoras a tener en cuenta en el diseño y distribución de la planta.

Tabla 16.

Comparación datos cuantitativos líneas de Producción 1, 2, 3 y 4.

Factor	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4
Cantidad Posiciones (formaletas)	23	7	6	6
N° Operarios	26 operarios /turno			
Capacidad instalada	10,480	6,316	8,422	8,422
Capacidad utilizada	8,024	4,836	6,448	6,448
Total recorrido(m)	548,31	262,14	332,23	433,1
Total área	2963	704	1588	1134
Espacio entre formaletas(m)	0,70	0,80	1,79	1,49
Largo de las líneas (m)	177,96	59,03	97,97	85,59
Ancho de las líneas (m)	13,22	11,20	16,31	11,84

Nota: * Tabla comparativa factores cuantitativos de las líneas de producción. Adaptado de Pretecor Ltda. 2018.

Tabla 17.

Comparación cualitativa líneas de Producción 1, 2, 3 y 4.

Factor	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4
	Desperdicio de concreto en la zona de armado de formaleta, 0,15 m3 diarios por operario	Desperdicio de concreto en la zona de armado de formaleta, 0,15 m3 diarios por operario	Desperdicio de concreto en la zona de armado de formaleta, 0,15 m3 diarios por operario	Desperdicio de concreto en la zona de armado de formaleta, 0,15 m3 diarios por operario
Despilfarros presentes	A pesar de tener más cerca los centros de trabajo de corte de acero, corte de espirales y mezclado se	De todas las líneas es la que menor distancia recorre debido a que es la más pequeña de todas	Presenta grandes distancias recorridas debido a que los centros de trabajo de corte de acero, corte de espirales y	Presenta grandes distancias recorridas debido a que los centros de trabajo de corte de acero, corte de

Continuación tabla 17. Comparación cualitativa líneas de Producción 1, 2, 3 y 4.

Factor	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4
	presenta incremento en movimiento reprocesso y tiempos, generados por el desorden en la ubicación de los centros de trabajo.		mezclado se encuentran a distancias considerables.	espirales y mezclado se encuentran a distancias considerables
	Exceso de inventario de productos terminados, cuenta con dos zonas destinadas a almacenamiento.	Por ser a línea más pequeña cuenta con un menor espacio de almacenamiento de productos terminados.	En su zona de almacenamiento no solo se encuentra productos terminados, también se ocupa con conos de espirales.	Al igual que las demás líneas cuenta con un buen espacio dedicada al almacenamiento
Generación de vapor	Para activar el vapor en las formaletas los operarios deben agacharse y activar dese el suelo las válvulas	Para activar el vapor en las formaletas los operarios deben agacharse y activar desde el suelo las válvulas	Para activar el vapor en las formaletas los operarios deben agacharse y activar desde el suelo las válvulas	Cuenta con una zona de control de la generación de vapor diferente a las demás líneas y más amigable con los trabajadores.

Nota: * Tabla comparativa factores cuantitativos de las líneas de producción. Adaptado de Pretector Ltda. 2018.

7. Evaluación de tecnología.

Mediante este objetivo se pretende evaluar la variedad de equipos disponibles en el mercado que permitan mejorar el proceso productivo de la empresa Pretector para la producción de postes en concreto pretensado, esto, en términos de productividad, eficiencia, entregas a tiempo y ergonomía, con el fin de analizar diferentes escenarios para la nueva distribución de planta.

Teniendo en cuenta que no existe una metodología ideal para realizar una búsqueda de cualquier tipo de información, ya que existen distintas posibilidades de efectuarse; se plantea la siguiente metodología, con base en distintos procesos de búsqueda estudiados:

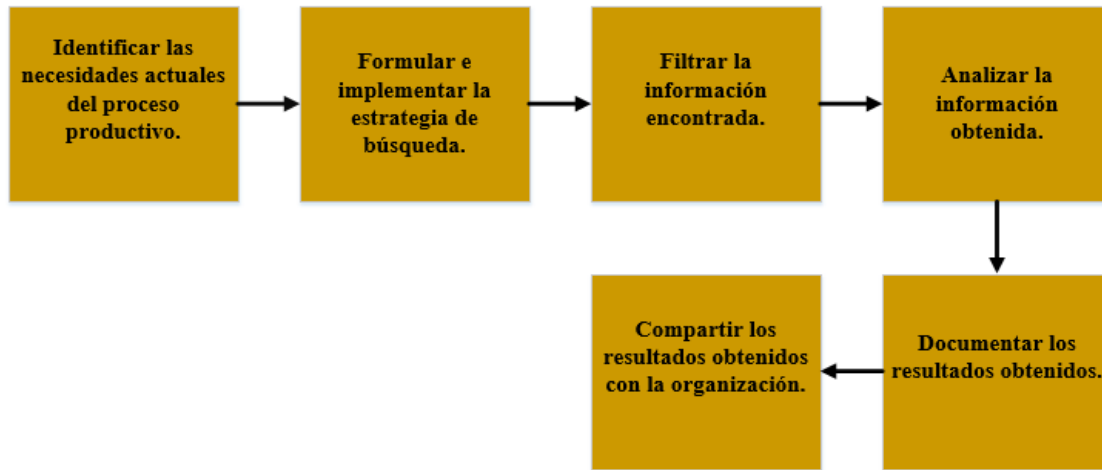


Figura 20. Metodología general de búsqueda para los equipos tecnológicos. Adaptado de observatorio virtual de transferencia de tecnología (S.f). Ciclo de vigilancia tecnológica. Recuperado de <https://www.ovtt.org/vigilancia-tecnologica-metodos>.

En conjunto con los directivos de la empresa se establecieron los objetivos y el alcance de la búsqueda, y se desarrolló la metodología, por medio de la cual se resuelven interrogantes como: ¿Cuáles son las necesidades principales de la organización?, ¿Cuáles son los factores que se consideran críticos del proceso productivo?, ¿Qué tipo de cambios busca obtener la organización?, ¿Qué características debe cumplir la nueva tecnología?, ¿Qué resultados esperan obtener con esta búsqueda?

7.1 Diagnóstico: Identificar las necesidades de información requerida.

Con el paso del tiempo Pretector se ha visto en la necesidad de mejorar su proceso con el objetivo de hacerlo más eficiente y productivo, debido a que por factores como, la falta de tecnología en la

maquinaria y equipos que en su mayoría son obsoletos, el proceso que realizan actualmente se considera artesanal y rudimentario, pues requiere en gran medida de mano de obra aplicada y abarca la mayoría de su tiempo en actividades que no agregan valor, además de contar con un diseño de planta ineficiente.

En esta etapa inicial de búsqueda se realiza un diagnóstico con el fin de identificar las necesidades de la empresa, las tecnologías que son objeto de búsqueda y los factores críticos involucrados en cada una de las actividades de la cadena de valor de la organización.

7.1.1 Procesos críticos actuales. Se considera proceso crítico a aquel proceso que afecta directamente el resultado del producto, ya que su interrupción significa un gran impacto tanto económico como operacional para la organización, es decir su aporte a la cadena de valor es significativo respecto a los demás.

En conjunto con los directivos y personal relacionado con el área de producción de la empresa, se definen los procesos críticos implicados en el área de producción y los problemas que cada uno de estos conlleva; esto a partir de los resultados del diagnóstico inicial realizado. En el acta N° 7 se describen los puntos tratados y los acuerdos realizados en la reunión (Ver apéndice 10). Para esto se tienen en cuenta factores como, porcentaje de mano de obra requerida en el proceso, riesgo implicado para los operarios, precisión de la metodología aplicada, reprocesos generados y tecnología aplicada.

Tabla 18.

Deficiencias en los procesos críticos actuales.

Proceso	Deficiencias
Tensionado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implica el manejo de materias primas que en cualquier momento pueden fallar, como, cuerdas de refuerzo, cuñas, y cimbras; las cuerdas pueden romperse y las cuñas pueden quedarse pegadas o pueden soltarse. ➤ Conlleva un gran riesgo para los operarios, debido a que las cuerdas tensionadas son en acero y poseen calibres de gran tamaño. ➤ Reprocesos generados. ➤ Largo tiempo de proceso.
Armado de formaleta	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Requiere de gran precisión por parte del operario. Ya que se necesita que todo quede cuadrado, porque si al momento de armar la cuerda queda corrida y pegada al ras se requiere des tensionar y realizar de nuevo el proceso. ➤ Largos tiempos.
Mezclado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La preparación de la mezcla es de gran importancia, pues si esta no se hace con la calidad adecuada, y no se proporciona la cantidad que se requiere de los agregados, la mezcla no será la adecuada y la fabricación del poste se generará con defectos. ➤ Las propiedades volátiles del cemento dificultan la calidad precisa que se requiere para la mezcla.
Armado de noyo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Requiere de un gran esfuerzo y desgaste físico por parte de los operarios, debido a que deben amarrar las cuerdas, y envolver el alambre, y esto requiere de una gran fuerza para levantar el noyo y pasar la espiral. ➤ Lesiones físicas causadas por movimientos repetitivos, especialmente en las muñecas. ➤ La continuidad del proceso depende de la disponibilidad que haya en el momento de equipos y materiales, como el puente grúa y las cuñas. Si estos, no están disponibles el proceso se detiene y no se puede continuar con la actividad posterior.
Curado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Es un proceso que cuenta con poca implementación de tecnología, por lo cual se generan imprecisiones durante el proceso: <ul style="list-style-type: none"> - El proceso no cuenta con una válvula que regule la cantidad de vapor que se requiere, por lo cual puede salir con mucha presión y romper el concreto. - La manguera que se inserta no tiene un elemento que regule la distancia hasta donde se necesita que llegue el vapor, lo cual puede producir que no llegue suficiente a la punta del poste. - Los tiempos en que se demora en endurecer una unidad de poste, es decir el proceso de fraguado, son bastante largos.

Nota: *Deficiencias en procesos críticos detectados en entrevista con supervisor de producción. 2018.

A partir de los defectos encontrados en los procesos críticos, puede evidenciarse que gran parte de estos representan imprecisiones en las metodologías empleadas, causadas principalmente por la insuficiente tecnología de los equipos y el gran porcentaje de mano de obra que requieren. A partir de esto surgen los re procesos y el aumento en los tiempos de producción, siendo esto la mayor implicación de los procesos que son considerados críticos.

A partir de los problemas detectados en cada uno de los procesos, se espera encontrar la distribución adecuada para la línea de producción y los equipos con las características óptimas que permitan eliminarlos

Tabla 19.

Características procesos críticos actuales.

Proceso crítico	Tiempo promedio de producción (Sg)
Armado de formaleta	Ref. 8 x 510: 725,9
	Ref. 12 x 750: 725,9
	Ref. 14 x 1050: 725,9
Armado de noyo	Ref. 8 x 510: 2133,7
	Ref. 12 x 750: 2560,4
	Ref. 14 x 1050: 4666,1
Fundición	Ref. 8 x 510: 1273,7
	Ref. 12 x 750: 1816,4
	Ref. 14 x 1050: 3164,8
Corte de espirales	Ref. 8 x 510: 3265,9
	Ref. 12 x 750: 3267,5
	Ref. 14 x 1050: 3269,8
Corte de acero	Ref. 8 x 510: 3832,95
	Ref. 12 x 750: 3870,9
	Ref. 14 x 1050: 3887,8
Curado	Ref. 8 x 510: 18437,2
	Ref. 12 x 750: 22927,5
	Ref. 14 x 1050: 23641,9

Nota: *Tiempos de producción y operarios requeridos en los procesos críticos actuales. 2018.

7.1.2 Caracterización de los equipos críticos actuales. A partir de los procesos que han sido definidos como críticos, se realiza un análisis en conjunto con los directivos, en donde a partir de las necesidades de la empresa y de los objetivos establecidos con el proyecto, se definen los equipos implicados en estos procesos, los cuales son objeto de búsqueda y se busca apoyen la nueva línea de producción. (Ver apéndice 10).

Se realiza una breve caracterización de los equipos, representada en la tabla 19, teniendo en cuenta factores clave para la propuesta de diseño de planta y la simulación del proceso, como lo son, capacidad, tiempos de procesamiento, número de operarios requeridos para su operación, y dimensiones (Ver apéndice 26).

7.1.3 Actividades críticas. Según un estudio realizado por la empresa en el 2014 sobre un análisis de valor añadido y no añadido del proceso productivo (Ver apéndice 12), en el cual se evaluaron sus líneas de producción teniendo en cuenta el desempeño de 6 operarios, se determinó que la mayoría de las actividades que se realizan no generan valor al proceso como transporte, movimientos, esperas, es decir dichas actividades no son productivas.

En éste se redujo la producción a dos líneas productivas por separado, es decir se expusieron dos escenarios del proceso, siendo el escenario N° 1 las líneas 1 y 2 , y el escenario N° 2 las líneas 3 y 4; para lo cual se obtuvo un 64% y 48% respectivamente de valor no añadido, obteniendo una media de improductividad del 57% promedio, el cual es un porcentaje considerable que muestra la existencia de fallas, además de mostrar que existen dos líneas de producción con una mayor improductividad que las otras, por lo que los directivos se dieron a la tarea de identificar los problemas y buscar soluciones a los mismo.

En la figura 21 se pueden observar los porcentajes obtenidos y clasificados por tareas realizadas para el escenario N° 1 (líneas 1 y 2), por medio de la cual se evidencia que los mayores porcentajes se encuentran en aquellas actividades que no agregan valor al proceso; con un 20% en esperas, 17% en desplazamientos, 17% en movimientos de coger y dejar pieza, 16% en monte y desmonte de pieza, 14% en movimiento de piezas con desplazamiento y 12% en movimiento de

piezas sin desplazamiento, considerándose de esta manera como actividades críticas, ya que inciden en gran medida en el desarrollo de los procesos y afectan la productividad esperada.

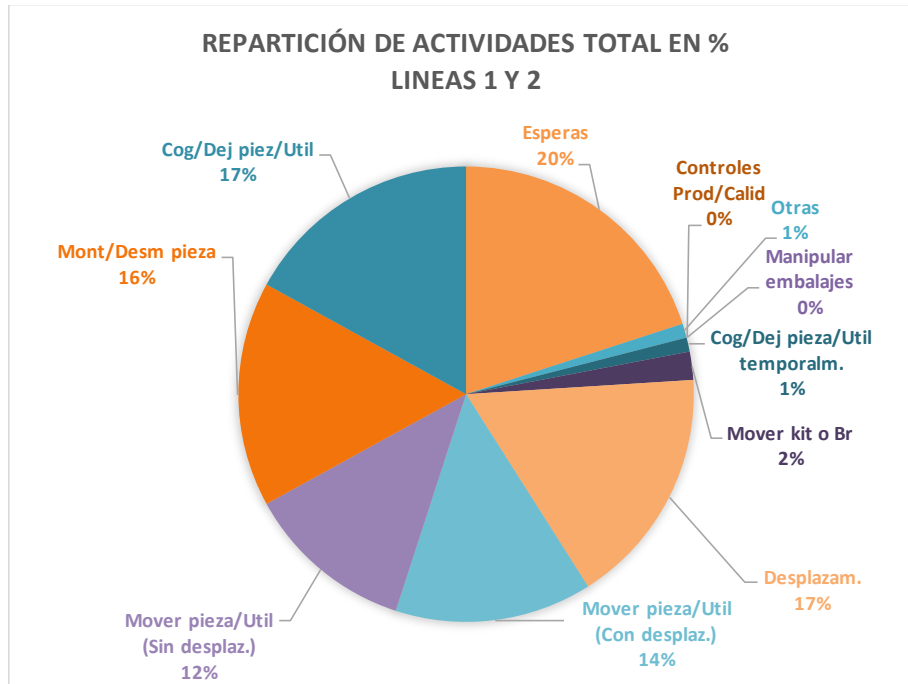


Figura 21. Repartición de actividades total en % para las líneas 1 y 2 (escenario 1). Adaptado de Análisis valor añadido y valor no añadido realizado por el grupo empresarial EPM (Empresas Públicas de Medellín) bajo el proyecto desarrollo de proveedores.

En la figura 22 se pueden observar los porcentajes obtenidos y clasificados por tareas realizadas para el escenario N° 3 (líneas 3 y 4), por medio de la cual se evidencia que los mayores porcentajes se encuentran en aquellas actividades que no agregan valor al proceso; 31% en monte y desmonte de pieza, 19% en movimientos de coger y dejar pieza, 14% en desplazamientos, 13% en esperas y 10% en movimiento de piezas con desplazamiento, considerándose de esta manera como actividades críticas, ya que inciden en gran medida en el desarrollo de los procesos y afectan la productividad esperada.

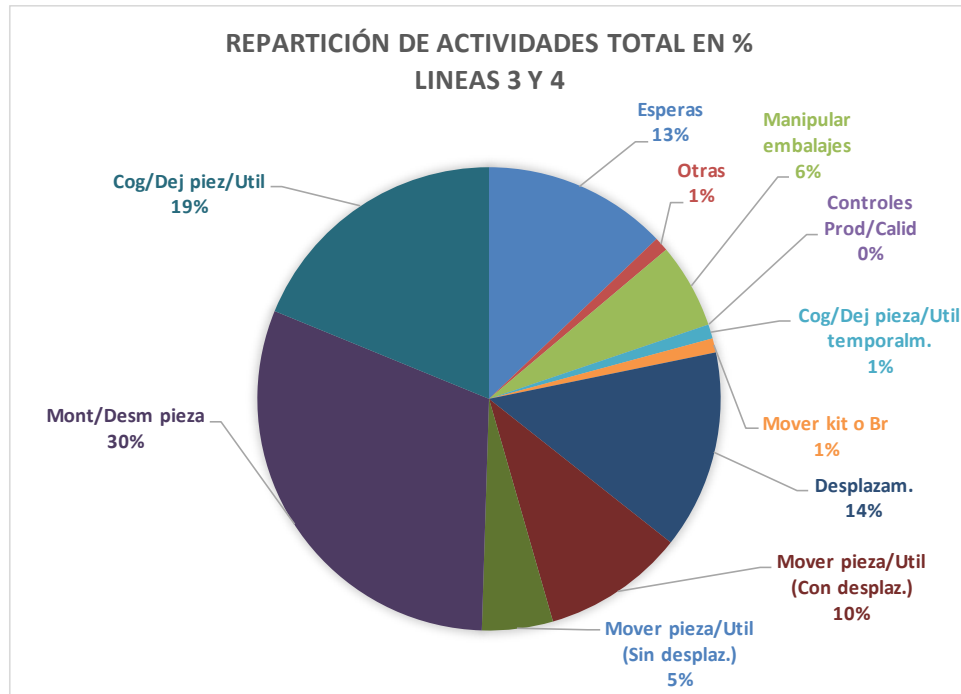


Figura 22. Repartición de actividades total en % para las líneas 3 y 4 (escenario 2). Adaptado de Análisis valor añadido y valor no añadido realizado por el grupo empresarial EPM (Empresas Públicas de Medellín) bajo el proyecto desarrollo de proveedores en el año.

7.2 Estrategia de búsqueda

7.2.1 Objetivo de la búsqueda de información. El objetivo principal de Pretecor como ya se ha mencionado, es desarrollar un proceso productivo en gran medida automatizado, mediante la aplicación de nueva tecnología en sus equipos que le permita reducir considerablemente la mano de obra aplicada y, aumentar su productividad.

Es por esto que la búsqueda de tecnología implica una etapa fundamental para la propuesta de diseño de la línea de producción piloto, y está orientada principalmente a encontrar los equipos idóneos que conformen un sistema en línea en cadena automatizado, que contribuyan a disminuir las actividades definidas como críticas por el estudio de análisis de valor añadido y no añadido,

como desperdicios presentes en, movimientos, desplazamientos y esperas, así como los desperdicios generados de materia prima, y finalmente reducir los tiempos de producción actual.

La búsqueda realizada con el objetivo de conformar los resultados idóneos para la evaluación de tecnología presenta productos relacionados con:

- ✓ Tecnologías aplicadas en el mercado actual.
- ✓ Empresas comerciales con tecnología de punta.
- ✓ Equipos automatizados disponibles en el mercado actual.
- ✓ Información técnica de los equipos relevante para el proyecto.

7.2.2 Selección de fuentes de información. El ejercicio de búsqueda de tecnología contempla la consulta de la llamada información estructurada, la cual es obtenida a través de motores de búsqueda en internet, para lo cual se eligen buscadores web relacionados con las búsquedas que se pretenden obtener, como Google, Ecosia y YaCy; en la siguiente tabla se muestra una breve descripción de cada uno de estos.

Tabla 20.

Ficha técnica de herramientas de búsqueda.

Motores de búsqueda (información no estructurada)	
Google	
Concepto	Motor de búsqueda de información general y específica en la web, proporciona al menos 22 características especiales más allá de la palabra original. El orden de los resultados de búsqueda (ghits for Google hits) en las páginas de resultados de Google se basa, en parte, en un rango de prioridad llamado "PageRank". El Buscador de Google proporciona muchas opciones para la búsqueda personalizada (Buscador de Google, s.f.).
Tipo	Motor de búsqueda web.
Dominio	www.google.com
Ecosia	
Concepto	Motor de búsqueda de información general y específica. Trabaja junto con el buscador Bing. Dona el 80% de los ingresos que percibe a diferentes organizaciones sin ánimo de lucro de todo el mundo, relacionadas con la plantación de árboles (Ecosia, s.f.). Utiliza el principio de palabra clave para ejecutar sus búsquedas.

Continuación tabla 20. Ficha técnica de herramientas de búsqueda.

Tipo	Motor de búsqueda web.
Dominio	www.ecosia.com
YaCy	
Concepto	Motor de búsqueda de información general y específica distribuido y libre que utiliza una red peer-to-peer como infraestructura. No hay un servidor central de control, en lugar de ello, todos los participantes son iguales. Cualquier nodo de la red puede indexar la red y ser un motor de búsqueda (YaCy, s.f.).
Tipo	Motor de búsqueda web.
Dominio	www.yacy.net

Nota: *Tiempos de producción y operarios requeridos en los procesos críticos actuales. Adaptado de “Ministerio de agricultura y desarrollo rural”. Estudios de vigilancia tecnológica aplicados a cadenas productivas del sector agropecuario colombiano. Bogotá: Giro Editores Ltda; 2008.

7.3 Recolección de información

A través del proceso de recopilación de información por medio de los meta buscadores determinados, y basados en los criterios de validación establecidos, se realiza la selección de los equipos idóneos para el proceso según los objetivos de búsqueda.

La documentación de la información obtenida se realiza por medio de las herramientas mostradas en la tabla 21.

Tabla 21.

Ficha técnica de herramientas de documentación.

Herramientas para documentación de resultados	
Microsoft Excel	
Características	Aplicación de hojas de cálculo que es utilizada en tareas financieras y contables, con fórmulas, gráficos y un lenguaje de programación.
Utilidad	Documentación de información encontrada de los equipos mediante tablas organizadas.
Género	Hoja de cálculo.
Interfaz	Aplicación PC
Microsoft Word	
Características	Programa informático usado para en el procesamiento de textos.
Utilidad	Documentación de información técnica de equipos mediante fichas técnicas.

Continuación tabla 22. Ficha técnica de herramientas de documentación.

Herramientas para documentación de resultados	
Género	Procesador de textos.
Interfaz	Aplicación PC.

Nota: *Tiempos de producción y operarios requeridos en los procesos críticos actuales. Adaptado de “Ministerio de agricultura y desarrollo rural”. Estudios de vigilancia tecnológica aplicados a cadenas productivas del sector agropecuario colombiano. Bogotá: Giro Editores Ltda; 2008.

7.3.1 Tecnologías aplicadas en el mercado actual. A través de la búsqueda realizada se identificaron las tecnologías comerciales que actualmente contribuyen de manera notoria al desarrollo de distintas empresas en el mundo y que pueden adaptarse al proceso productivo actual de Pretecor Ltda., teniendo en cuenta las necesidades y objetivos de mejoramiento que tienen como organización.

Se analiza cada una de las tecnologías encontradas, las ventajas y las desventajas que representan para cada proceso con el cual se relacionan, y puede contribuir en su mejora (Ver apéndice 27).

7.3.2 Empresas comerciales disponibles en el mercado. Por medio de la búsqueda de información no estructurada, se identifican las empresas comerciales proveedoras de equipos tecnológicos que actualmente son pioneras en el desarrollo de las tecnologías determinadas anteriormente y a partir de las cuales se realiza la selección de estos equipos.

En la tabla 22 se resume la información básica de cada una de estas, para facilitar a lectura, identificación y caracterización de las mismas.

Tabla 23.

Empresas proveedoras.

Empresa	Logo	País	Web
Zeb power solution company limited		Qingdao, China	http://www.zebpower.en.made-in-china.com
Tangchen machinery equipment manufacturing Co., LTD		Jurong, China	http://www.thomsun.cn
Changzhou Huazhan Machine Manufacture Co., Ltd.		Changzhou, China	http://www.czhuazhan.cn
Furat EPC Service		Gimpo-si, Korea	http://www.sinofurat.com/
Elkon		Estambul, Turquía	http://www.concretebatchingplants.com
Taizhou amity care international co., Ltd		Taizhou, China	http://www.tzaccm.cn
Hwasan hidraulic co., Ltd.		Shandong, China	http://www.hwasan95.com
Strommasina Corp.		Samara, Rusia.	http://www.strommashina.com
Grúas y equipos SAS		Bogotá, Colombia	http://gruasyequipos.com
Hs Eng Co., Ltd		Gyeonggi-do, Korea	http://www.hsengks.com
Taeshin Corporation		South Korea	http://taeshincor.tradekorea.com
PC Wire & Strand Equipment		Bolton, Inglaterra	http://www.pewirelines.co.uk
Taizhou City Chuncheng Construction Machinery Factory		Jiangsu, China	https://tzchuncheng.en.alibaba.com
Oceana Precast Machinery Co, Ltd		Jiangsu, China	https://rccpipemachine.en.alibaba.com
Weifang Odea Machinery Co., Ltd		Weifang, .china	http://www.cementpipemachinery.com/about/
Taian Strength Equipments Co, Ltd		Shandong, China (Mainland)	https://strongelectric.en.alibaba.com

Continuación tabla 22. *Empresas comerciales.*

Empresa	Logo	País	Web
Shanghai Eurobot Automation Engineering Ltd		Shang Hai - China	https://www.diytrade.com
Aerolift Industrials B.V.		Soesterberg, Países Bajos	http://www.aerolift.nl/
Vertech Hume Innovation		Melbourne Victoria, Australia	http://www.vertechhume.com.au

Nota: *Empresas comerciales con tecnología actual, obtenidas por medio de los meta buscadores. 2018.

El país donde más se desarrollan actualmente este tipo de tecnologías es China, con más del 50% de las empresas obtenidas, seguido por Korea.

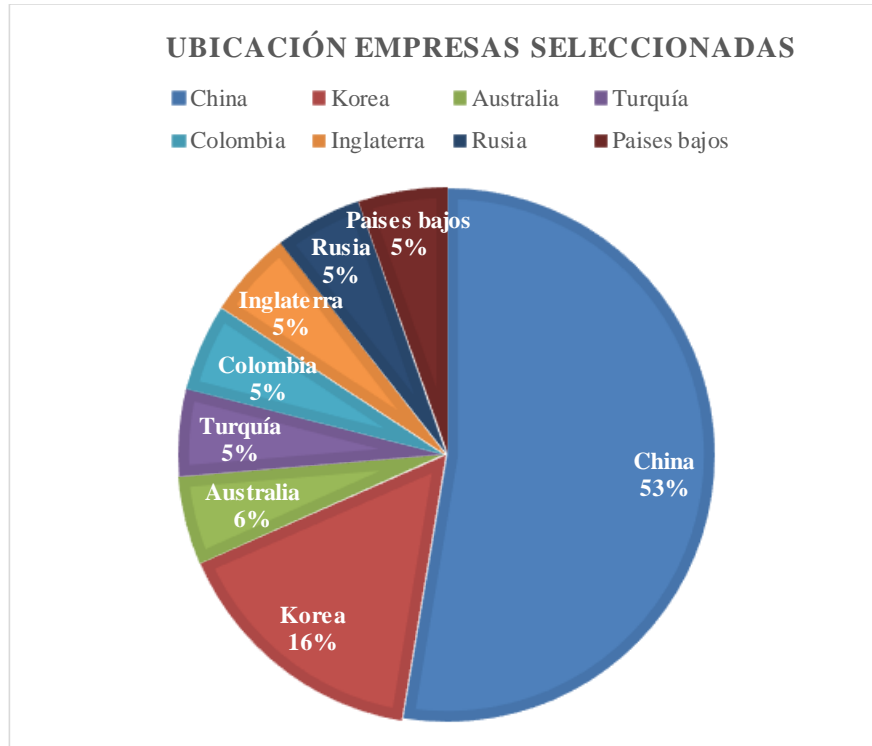


Figura 23. Ubicación empresas seleccionadas. 2018.

7.3.3 Equipos implementados para el desarrollo de las tecnologías elegidas. A partir de las tecnologías halladas se realiza una búsqueda de los equipos comerciales más comunes y reconocidos en el mercado, actualmente utilizados para el desarrollo de este tipo de tecnologías.

A través de la búsqueda realizada se fueron encontrando los nombres comerciales más comunes actualmente disponibles en el mercado; el total de estos fueron encontrados en el idioma inglés, a pesar de que gran parte de estas están en países asiáticos.

Se analiza cada uno de los equipos obtenidos, y se documentan mediante la herramienta de Excel haciendo una clasificación según el proceso al cual pertenecen (Ver apéndice 28).

Tabla 24.

Nombres comerciales de los equipos tecnológicos.

Tecnología	Equipo	Nombre comercial
Línea en cadena automática.	Línea en cadena automática.	Upper mould closing chain conveyor
		Mould Return Chain Conveyor
		Line dismantling conveyor
		Pump Driven Measuring Carts
		Line demoulding conveyor
Centrifugado	Máquina giratoria para la fabricación de postes de hormigón	Spinning Machine for Concrete Pole Making.
		Pole spinning machine.
Vaciado automático de concreto (Tolva estática).	Máquina vertedora de concreto con tolva estática.	Centrifuge/spinning machine for precast concrete electric pole.
		Pouring machine
Vaciado automático de concreto (Tolva móvil).	Cubos de transporte de concreto.	Cubo de concreto de alta velocidad
		Cubos de transporte de concreto
		Cubos de concreto de tierra
	Máquina vertedora de concreto con tolva móvil	Concrete placing machine
		Automatic precast concrete pile feeding machine
		Automatic feeding machine for spun concrete pole
Bombeo de concreto.	Bomba de concreto móvil.	Concrete feeding
		Automatic concrete feeding machine
		Stationary Concrete Pumps
		Lanzado de concreto
Tensionado simultáneo de barras de acero	Gato de tensión para barras de acero.	Pre-tensioned Concrete Pole Steel Mould
		Precast Concrete Pile Mould
		Tension Jack Machine
		Hydraulic Tension Jack For Simultaneous Tensioning
		Tension Jack For Pretressing
		Automatic PC Wire Cutting Machine
		PC Wire Cutting Machine

Continuación tabla 23. Nombres comerciales de los equipos tecnológicos.

Tecnología	Equipo	Nombre comercial
Corte automático de acero.	Máquina cortadora de alambre automática.	Cutting Machine & Auto Loader
Enjaulado automático	Máquina soldadora para jaula de alambre.	Máquina de soldadura de la jaula de alambre.
		Auto Cage Welding Machine For Concrete Pipe.
		Automatic Concrete Pole ReBar Cage Welding Machine.
Aplicación de vapor por cámaras de curado	Cámara de vapor subterránea. Caldera de vapor.	Caging Machine.
		Steam Curing Chamber
		Oil-Fired Steam Boiler
Transporte de elementos.	Puentes grúa.	Vacumm lifter
		Square pile lifting device VLGS series for PHC square pile
		Vacuum handling
		Spreader Balance Beam con TX-Gripper
		C Type Slinger
Fundición vertical estática de postes y pilas de hormigón armado redondo y hueco.	Sistema de fundición vertical.	Overhead Crane Vertech hume innovation

Nota: *Nombres comerciales obtenidos en el proceso de búsqueda de los equipos tecnológicos. 2018.

7.3.4 Solicitud de información técnica de los equipos. Se solicita información técnica de cada uno de los equipos seleccionados, la cual se define previamente, teniendo en cuenta la validación de los expertos en la organización, y a partir de la información demandada por los objetivos de distribución en planta y la simulación del proceso.

La información es solicitada a las empresas proveedoras de los equipos vía correo electrónico, por medio del cual se hace una breve presentación de la empresa y se explica el motivo por el que se requiere esta información (Ver apéndice 29). Finalmente se obtiene información de 32 equipos tecnológicos.

7.4 Análisis de la información obtenida

Se realiza el análisis de la información obtenida con el propósito de filtrar lo relevante; poder identificar, clasificar y seleccionar los equipos más aptos que mejoren el proceso productivo de

Pretecor, de tal forma que cumpla con las necesidades y objetivos tanto del proyecto como de la organización. Para esto se llevo a cabo la metodología mostrada en la figura 24, la cual ilustra el proceso de selección de tecnología, por el cual se analizan los posibles equipos tecnológicos y su viabilidad para el desarrollo del proceso productivo.

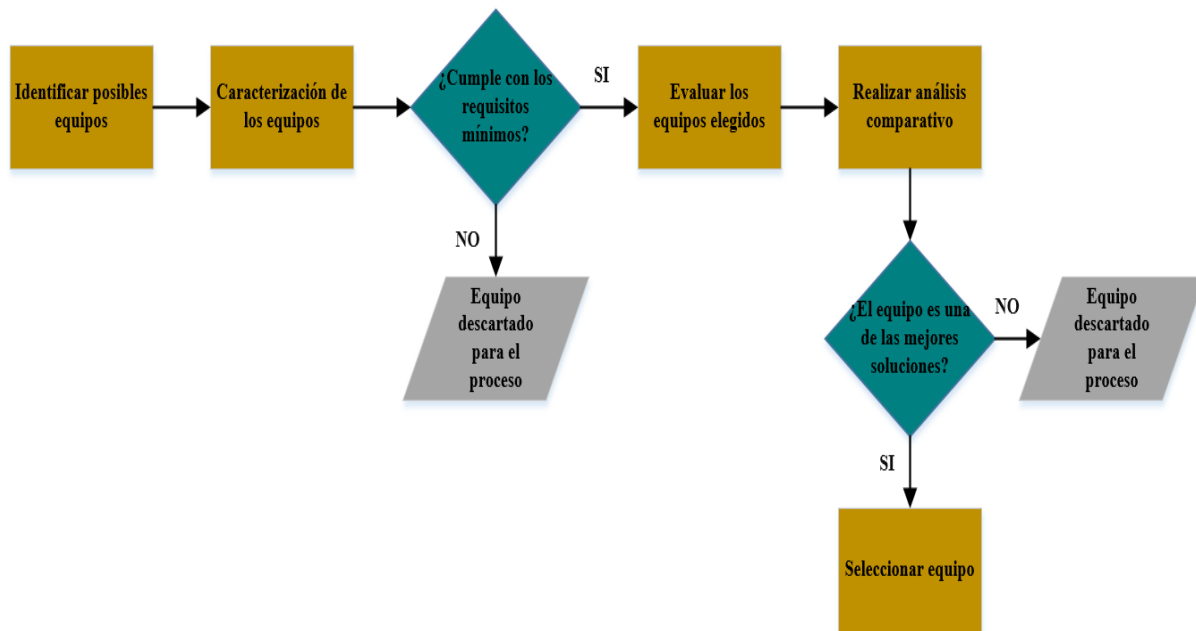


Figura 24. Estrategia seguida para abordar la evaluación de equipos y tecnología disponibles. Adaptado de International Civil Aviation Organization (2005). Technology pre-screening process and evaluation criteria. Recuperado de <https://www.icao.int/safety/acp/ACP>.

Se obtuvieron distintas cotizaciones y respuestas a los correos enviados a cada una de las empresas proveedoras de equipos (Ver apéndice 30 y 31).

A partir de esto se establecen los criterios de validación o los requisitos mínimos tenidos en cuenta para el proceso de selección de los equipos, a partir de los cuales se determina si el equipo es o no una de las mejores soluciones para el proceso, estos se muestran en la tabla 24.

Tabla 25.

Criterios de evaluación selección de equipos tecnológicos.

Equipo	Criterios de evaluación
Línea en cadena automática	Se adapta a cada uno de los procesos en lo que se requiere. Cuenta con forma variable para los moldes.
Máquina vertedora de concreto	Cuenta con vertido automático. Capacidad adaptada a los requerimientos del proceso. Velocidad variable.
Bombeo de concreto	Puede trasladarse fácilmente de un lugar a otro Cuenta con la capacidad suficiente para el proceso. Tamaño pequeño. Alta presión de salida. Puede tensionar varias cuerdas a la vez.
Gato de tensión para barras de acero	Tensiona distintos calibres de acero. Cuenta con capacidad de tensión adecuada para el proceso.
Máquina soldadora para jaula de alambre	Automática. Arma con aceros no rígidos. Produce espirales con diferentes longitudes de paso. Produce longitud de jaulas.
Máquina cortadora de alambre automática	Tiene cargador para los cables procesados. Se alimenta de un enrollador soporte de acero.
Cámara de vapor subterránea	Tamaño variable para la cámara. Diseño variable. Controlador de vapor. Fácil método de llenado.
Caldera de vapor	Capacidad variable. Controlador de vapor. Fácil método de llenado.
Grúa aérea	Pueden adaptarse distintos tipos de soportes. Cuenta con cabina de control. Requiere de un solo operario para su operación. No interviene en los desplazamientos de las operaciones.
Puentes grúa	Transporta distintos elementos: noyos, formaletas, postes, aceros, jaulas de refuerzo. Se desplaza a lo largo de la grúa aérea.
Máquina roceadora de aceite	Adaptada para distintos elementos: noyos y formaletas. Cuenta con línea de transporte automática. No requiere de operarios.

Nota: *Criterios de evaluación tenidos en cuenta para la selección de los equipos tecnológicos. 2018.

Con base en los criterios establecidos, se realiza la selección de los equipos idóneos para cada proceso, en conjunto con los directivos de la empresa, a partir de sus objetivos y necesidades, como se muestra en las actas de las reuniones realizadas (Ver apéndice 10). Finalmente se seleccionan 18 equipos.

7.5 Documentación de los resultados obtenidos

Una vez analizada la información obtenida y valorada su trascendencia, esta es documentada mediante fichas técnicas, en las cuales se realiza una descripción de la empresa proveedora del equipo, y de los datos técnicos del mismo.

En una primera instancia se documenta la información de todos los equipos que fueron solicitados por vía correo electrónico (Ver apéndice 32).

Posteriormente a partir de la selección de los equipos definidos como viables para el proceso, se realiza el filtro de esta mediante una segunda documentación (Ver apéndice 33).

8. Propuesta de distribución

Por medio de la metodología Systematic Layout Planing (SLP) desarrollada por Richard Muther se identifica, valorar y visualizar todo aquello que esté relacionado con el proceso, para proceder a realizar las propuestas de distribución El alcance que tendrá este proyecto será hasta la propuesta del modelo que sea seleccionado.

Esta metodología permite la ordenación de los diferentes elementos implicados en el proceso del sistema productivo, en el cual se tienen en cuenta los espacios de movimiento de material,

trabajadores, almacenamiento y demás actividades. Los pasos a seguir para emprender con la implementación de esta metodología se describen a continuación.

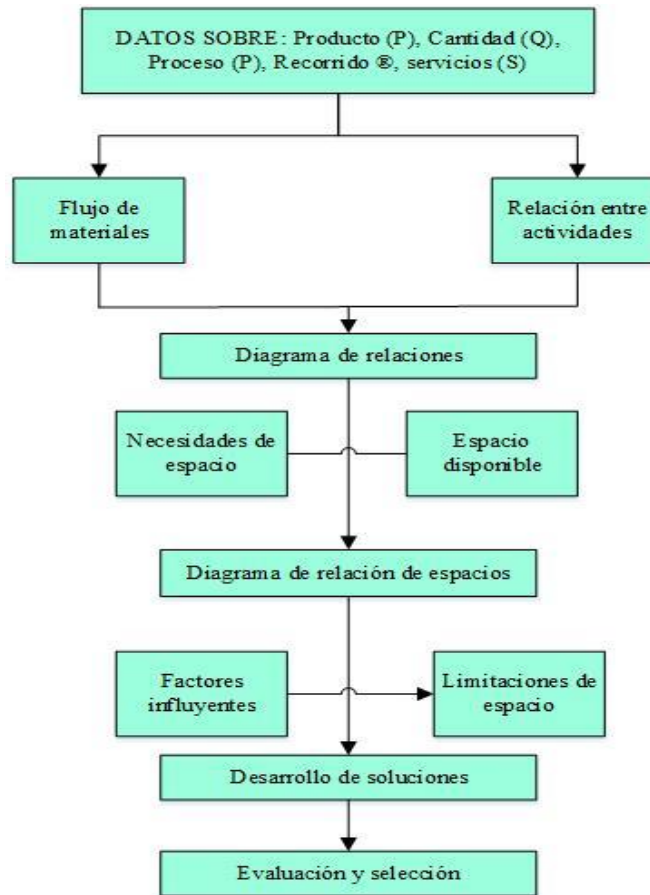


Figura 25. Esquema general Diseño de Plantas SLP. Tomado de la metodología de Richar Muther. 2018.

8.1 Diagnóstico de distribución actual.

Cuando no se cuenta con un diseño y una distribución de planta adecuada, se hacen presentes problemas como exceso de desperdicios (movimientos, reproceso, desplazamientos, defecto, entre otros), elevados tiempos de producción, altos costos, incapacidades y lesiones, las cuales hacen que el proceso de producción no sea eficiente, generando elevados porcentajes de improductividad, como le sucede a la planta de concreto de Pretector Ltda., luego de un estudio realizados, se

evidenció un 57 % de improductividad en su proceso, además de ocupar un área de 24000 m² de los cuales el 6389 m² son empleados para la producción de postes en concreto pretensado, área en la cual se presentan alrededor de 548,31 m (Ver tabla 14) empleados en desplazamiento. En las figuras 17, 18 y 19 se puede observar el resumen de los datos más relevantes tenidos en cuenta y que soportan la necesidad de un nuevo diseño y distribución de planta, en términos de capacidad, tiempos, áreas, además en la tabla 22 se resumen los datos generales como: actividades, cantidad de máquinas, cantidad de operarios, entre otros.

Se deben tener en cuenta unas condiciones iniciales para emprender en un diseño de planta, estas son base para no cometer errores en el diseño; es importante conocer el tipo de proceso y las actividades implicadas en cada una de las áreas de éste, por ello se tuvo en cuenta el diagrama de proceso (Ver apéndice 9) suministrado por la empresa, por medio del cual se busca comprender el proceso y conocer las ventajas y desventajas en las cuales se desarrolla este, asimismo, se debe conocer las condiciones en las que se encuentra cada área del proceso, cómo se desarrolla, qué implica, cuál es su capacidad máxima, cómo se relacionan los diferentes centros de trabajo, cuál es el espacio que se ocupa y cuáles deberían ser los requerimientos.

A continuación se encuentran las consideraciones encontradas y tenidas en cuenta del proceso actual para dar inicio a la propuesta de diseño y distribución de planta, las cuales serán base para comparar el proceso actual con cada una de las propuestas en términos de cantidad, capacidad, tiempos, productividad y área ocupada en la producción de postes:

La siguiente tabla resume factores generales del proceso de producción actual:

Tabla 26.

Factores generales del proceso actual tenidos en cuenta.

Factor	Cifra
Cantidad de procesos	9
Cantidad de actividades de todo el proceso	60
Cantidad de máquinas y equipos	120
Cantidad de trabajadores (operarios)	50
Número de turnos	2
Hora jornada laboral	12
Horas efectivas jornada laboral	10.5
Demanda año 2016: (postes al año)	17.123
Demanda año 2017 (postes al año)	15.328
Improductividad	57%

Nota: * Tabla de factores generales del proceso de producción de postes actual. Los datos anteriormente mencionados están soportados por los apéndices 9, 17 y 22. 2018.

La figura 26 resume el área total de la planta de producción de postes y las áreas por línea de producción para comparar entre las mismas, factor de importancia para los Directivos de la planta, debido a que una de las metas planteadas es disminuir el área invertida en la producción de postes, con el ideal de producir más en menos espacio:

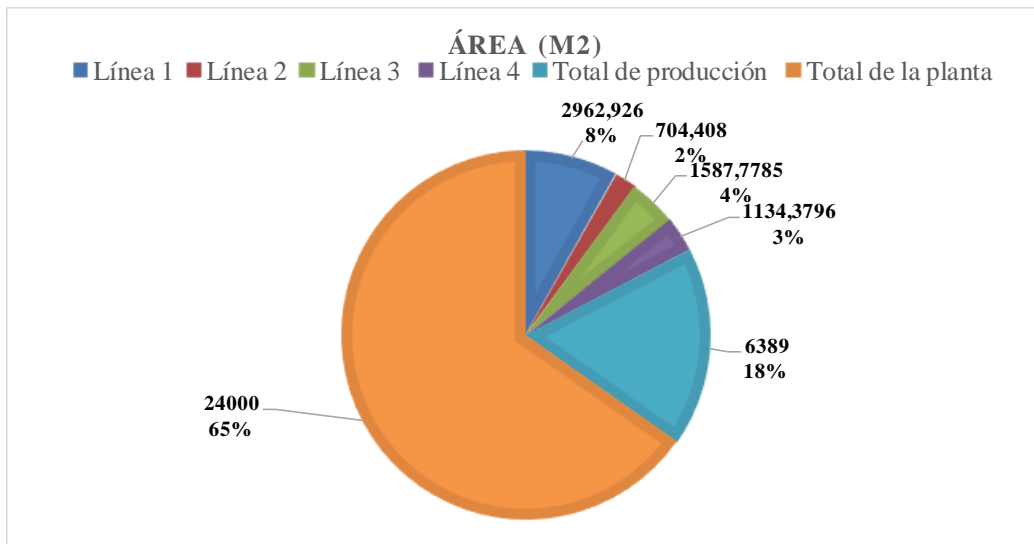


Figura 26. Áreas de la planta de producción de poste en concreto enfocadas en la producción. 2018.

La siguiente figura resume los tiempos de invertidos en la producción por línea para cada referencia:

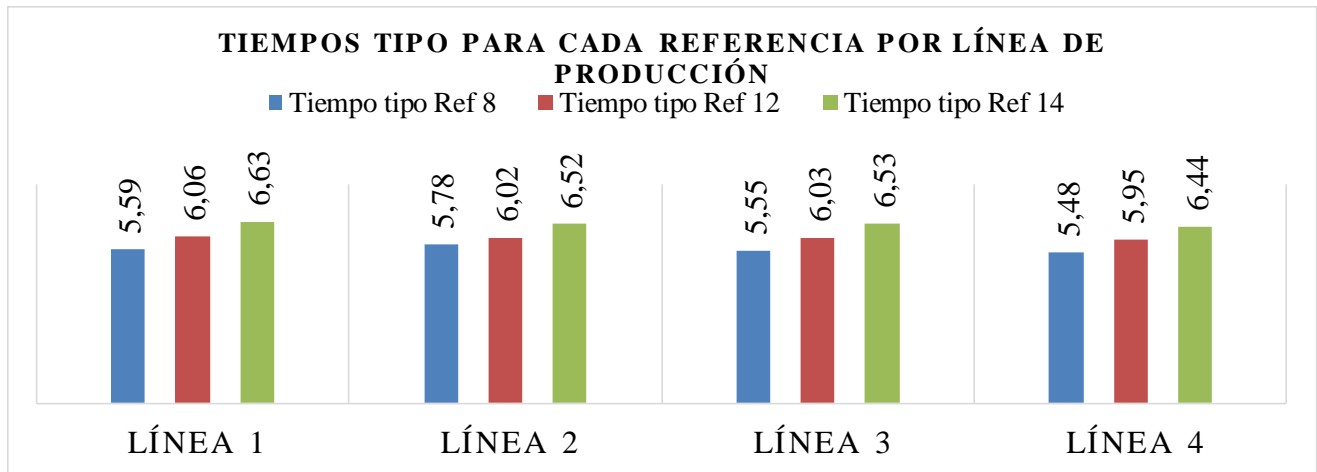


Figura 27. Tiempo tipo para cada referencia por línea de producción. 2018.

A continuación se resumen la capacidad instalada y utilizada por línea para las tres referencias empleadas en este proyecto.

Lineas de producción	Capacidad instalada			Capacidad utilizada		
	Ref 8	Ref 12	Ref 14	Ref 8	Ref 12	Ref 14
línea 1	9,0636	8,6772	8,3848	6,9393	8,3616	8,0804
línea 2	9,0618	8,6422	8,4225	6,6167	6,6167	6,4485
línea 3	9,0618	8,6422	8,4225	6,9380	6,6167	6,4485
línea 4	9,0618	8,6422	8,4225	6,9380	6,6167	6,4485

Nota: * Tabla resumen de la capacidad instalada y utilizada por línea de producción para las referencias 8, 12 y 14 de Pretacor Ltda. Tomado de apéndice 25. 2018.

8.2 Localización

El área determinada por la empresa para dar desarrollo al diseño de planta, se encuentra localizada dentro de la planta de concreto ubicada en el km 10 vía Piedecuesta, una vez seleccionado el modelo, basado en este se obtendrá el área que ocupará la línea piloto para el presente proyecto (el área resulta de la propuesta). Los directivos se encuentran en la espera de la respuesta del Plan

de Ordenamiento Territorial (POT) para el traslado de su planta como es requerido al lote ubicado en Guatiguará.

8.3 Plan de distribución general

Conocer el proceso nos permite identificar el tipo de distribución adecuada. Por cómo se espera sea el proceso de producción de postes en concreto pretensado y por las condiciones del proceso, en el cual se busca que los movimientos sean realizados por los recursos y no por los operarios, generando así un flujo continuo de un proceso lineal. Asimismo por las características de los postes como: la longitud de 8, 12 y 14 m y el peso de 495, 934 y 1706 Kg respectivamente, todo lo anterior relaciona e identifica que la mejor distribución para el proceso y por las condiciones del mismo es sistemas en flujo continuo.

Al llevar a cabo la planeación de la distribución de planta se tiene en cuenta los principios básicos como las relaciones entre los diferentes elemento del proceso, el espacio en términos de cantidad, tipo y forma de los elementos implicados e indicando la disposición más adecuada de los mismos, para realizar dicho análisis se tuvo en cuenta el diagrama de procesos (Ver apéndice 9) y el diagrama de recorridos (Ver figura 7) y diagrama de spaghetti (Ver figura 8), los cuales permitían determinar e identificar posibles soluciones a desperdicios como los excesos de desplazamiento que se presentan en la distribución actual.

8.3.1 Análisis de demanda. Como se analizó en el diagnóstico del proceso actual, un análisis de demanda por medio del diagrama de Pareto (Ver figura 10) arrojó que los tres productos más vendidos en Pretecor Ltda. son los postes de longitudes 8, 12 y 14, basados en las ventas realizadas en los años 2016 y 2017, es por ello que éstas tres referencias fueron tomadas en cuenta para dar desarrollo a este proyecto.

La siguiente tabla soporta la cantidad de productos vendidos por referencias y la comparación de ventas en los años 2016 y 2017, siendo el de mayor venta la referencia 8 con un total de ventas de 7.376 - 6.789 unidades, representando un 43,08% - 44,29% respectivamente, seguida de la referencia 12 con 5.229 - 4.518 unidades con un porcentaje de 30,54% - 29,48% y la referencia 14 con un total de ventas de 2.140 - 2.313 unidades de postes con un 12,50% - 15,09%; los postes con menos ventas fueron la referencia Lastrado y los menores a 8 con un total de ventas en los dos años de 4 con 0,02% y 7 equivalente a 0,05% postes.

Tabla 27.

Resumen de ventas para los años 2016 y 2017 por referencias de postes.

Longitud	Año 2016	Año 2017
<8m	-	7
8m	7.376	6.789
9m	1.929	874
10-11m	197	220
Lastrado	4	-
12m	5.229	4.518
14m	2.140	2.313
15-16m	151	227
>16m	97	380
Total	17.123	15.328

*Nota:** Tabla resumen de las ventas realizadas en los años 2016 y 2017 por referencias de postes. Tomado de apéndice 24. 2018.

8.3.2 Flujo material. El proceso para la producción de postes en concreto pretensado es el mismo para cualquier referencia solo varía en términos de longitud y la tensión de rotura requerida.

8.3.2.1 Nueva secuencia. La siguiente imagen muestra la ruta que llevará el proceso, con las nuevas consideraciones tenidas en cuenta con el fin de mejorar la forma en cómo se lleva el proceso, esto se realizó en compañía del director de producción de la planta de concreto:

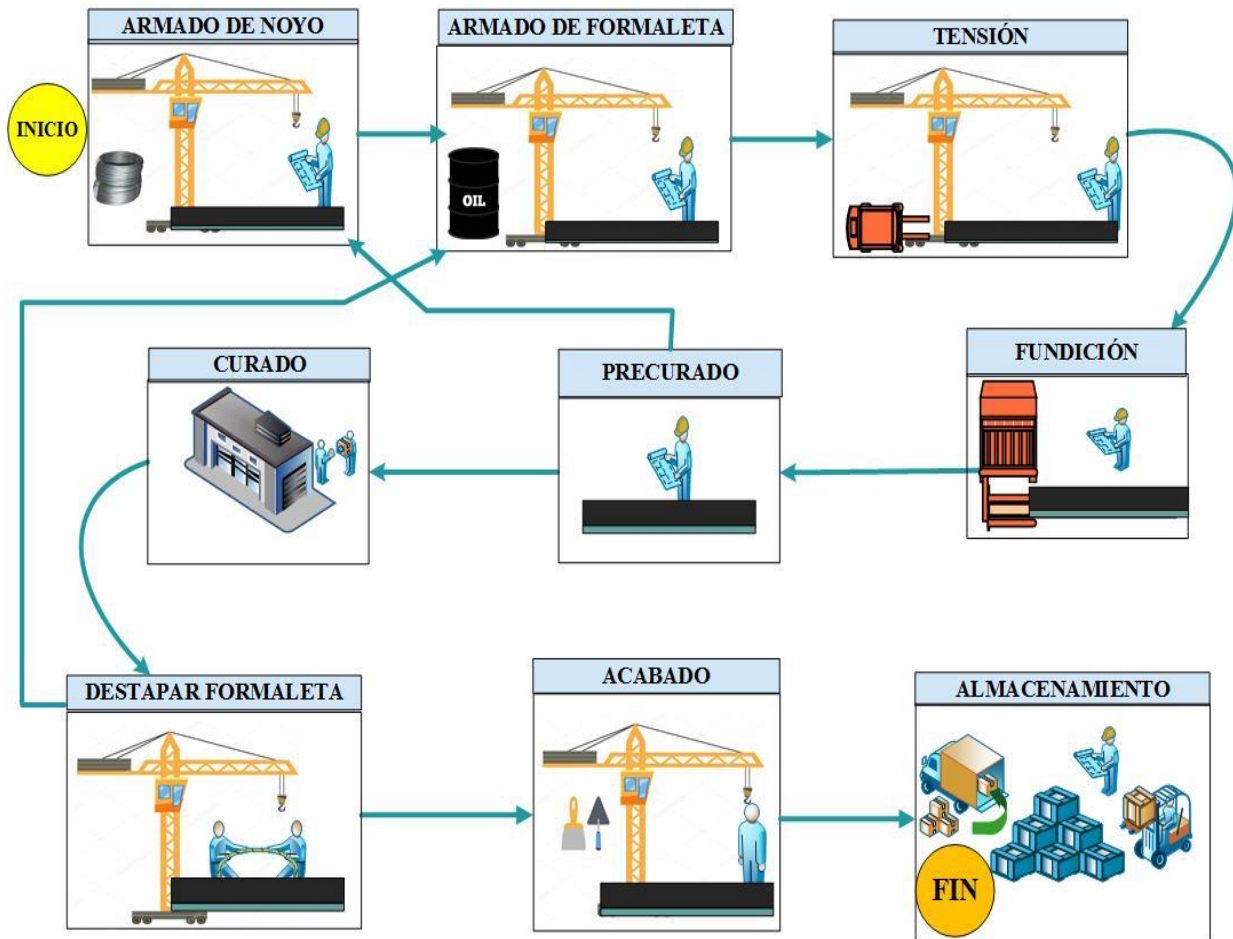


Figura 28. Nueva secuencias del proceso de producción de postes para Pretector Ltda. 2018.

8.3.2.3 Comparación secuencia de los procesos: A continuación se realiza una tabla comparativa entre la forma cómo se lleva el proceso actualmente y la propuesta planteada para realizar los modelos, dejando claro que la secuencia del proceso es la misma pero se desarrollará de forma diferente y más ordenada:

Tabla 28.

Comparación entre el proceso actual y el proceso propuesto para la producción de postes.

Proceso actual	Proceso propuesta
Se encuentra dividida en los siguientes procesos: Armado de noyo, armado de formaleta, corte de acero, corte de espirales, mezclado de concreto, fundición, generación de vapor, curado, acabado y almacenamiento.	Se encuentra dividida en los siguientes procesos: Armado de noyo, armado de formaleta, tensión, fundición, pre-curado, curado, destapar formaleta, acabado y almacenamiento.
Se cuenta con 4 líneas de producción en las cuales se pueden fabricar cualquier tipo de referencia.	Se contará con una línea automatizada en la cual se espera producir las referencias 8, 12 y 14.
Se cuenta con un área de producción de 6389 m ² .	Se espera reducir el área producción.
Los procesos de corte de acero, corte de espirales y mezclado se encuentran a distancias consideradas de las 4 líneas, como ejemplo para la línea 1 toma alrededor de: 186 - 117,5 y 115 m respectivamente en un solo recorrido, únicamente para esta línea recorren hasta 548,31 m, lo que evidencia los extensos e ineficientes desplazamientos que deben realizar los operarios entre procesos.	Teniendo en cuenta la relación de actividades y la proximidad que deben existir ente los procesos, se espera reducir las distancias recorridas, incluyendo y relacionando los procesos de la forma más adecuada, por lo tanto los procesos de armado de noyo y mezclado serán integrados dentro de las mismas zonas.
El proceso de armado de noyo es alimentado por los procesos de corte de espirales y corte de acero, para llevarlo a cabo deben realizar desplazamientos hasta de 117,5 m y 186 m respectivamente solamente para la línea 1 (Ver tabla 14).	Para la nueva línea se busca integrar los procesos de armado de noyo, corte de espirales y corte de acero en uno mismo, con el fin de disminuir distancia e involucrar maquinaria que permita realizar dicha adecuación.
En el proceso de armado de formaleta se realizan también los procesos de fundición y curado, el cual es alimentado por el proceso de concreto, tiene como objetivo alimentar las formaletas con el concreto producido en la mezcladora, por medio de unas carretas con un peso de 30kg (vacía) llevadas por lo operarios una y otra vez, recorriendo distancias hasta de 134,2 m y realizando esfuerzos innecesario, que pueden ser eliminados con un adecuado diseño de planta y la incorporación de maquinaria	Los procesos anteriormente denominados armado de formalete, fundición, concreto y curado, para este nuevo diseño presentan independencia y son denominados armado de formaleta, fundición, tensión pre-curado y curado, los cuales contarán con un área específica para desarrollar las actividades correspondientes de los mismo, haciendo uso de nuevas equipos que faciliten las tareas y sea más amigables con el trabajador, cumpliendo requerimientos de espacio de inventarios y desplazamientos.
No se cuenta con un inventario provisional por lo cual los operarios deben desplazarse a los centros de trabajo como corte de acero y espirales para suplir la necesidad de armado de noyo, así mismo para la zona de mezclado.	Se incluirán actividades que agreguen valor al proceso en cada uno de sus centros de trabajo como: un inventario provisional, aseo de formaletas y noyos.
Se cuenta con un proceso artesanal y rudimentario, poco amigable con el trabajador, en el cual se presenta un elevado porcentaje de improductividad (57%), elevados tiempos y retrasos en las entregas, además, se presentan lesiones, incapacidades en los trabajadores.	Se incluirá nueva tecnología que permita tener un proceso productivo eficiente y amigable con el trabajador, buscando reducir el área de trabajo, elevar la producción, disminuir las entregas, lesiones e incapacidades y los tiempos de producción.

Nota: * Tabla comparativa del proceso actual con el proceso propuesto para la producción de postes. 2018.

8.3.3 Tabla Relación de actividades. Para realizar la tabla de relación de actividades se tuvieron en cuenta 2 fases.

- **Fase 1.**

En las siguientes tablas se identifican las relaciones y el motivo entre los diferentes procesos para el nuevo diseño:

Tabla 29.

Relación entre los diferentes departamentos.

Relación	Definición
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Proximidad ordinaria
U	Sin importancia
X	No deseable

*Nota:** Tabla de relación entre los diferentes departamentos. Tomado de metodología de Richar Muther. 2018.

Tabla 30.

Motivo de relación entre los diferentes departamentos.

Código	Motivo
1	Flujo de material
2	Flujo de personas
3	Contacto Frecuente
4	Recurso compartidas
5	Para un flujo mejor
6	Espacio
7	Supervisión-Mantenimiento

*Nota:** Tabla de motivo de relación entre los diferentes departamentos. Adaptado de metodología de Richar Muther. 2018.

- **Fase 2.**

Con base en la información anterior se procede a realizar el diagrama de relación de actividades teniendo en cuenta factores de proximidad y relación entre departamentos (Ver apéndice 34):

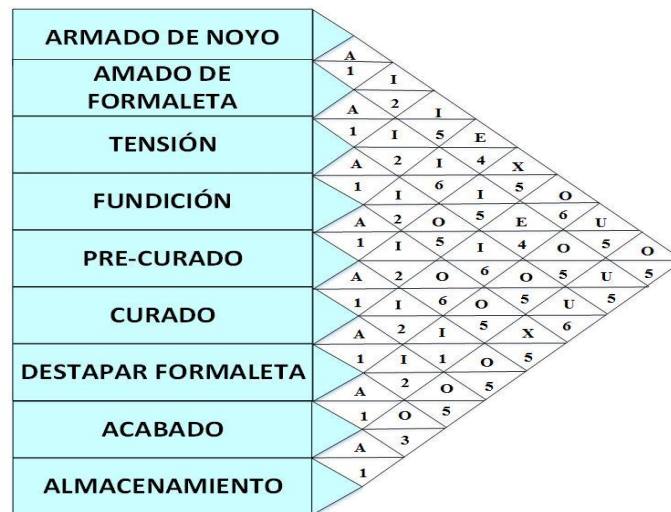


Figura 29. Diagrama de relación de actividades del proceso de producción de postes en concreto propuesto para Pretecor Ltda. 2018.

La siguiente tabla describe los resultados de relación entre procesos obtenidos de la tabla de relación de actividades desarrollada anteriormente.

Tabla 31.

Relación de los procesos.

N. proceso	Proceso	A	E	I	O	U	X
1.	Armado de noyo	2	5	3 - 4		8	6
2.	Armado de formaleta	3	7	4 - 5 - 6		9	
3.	Tensión	4		1-5-7	6	9	
4.	Fundición	5		2 - 6 - 1	7		9
5.	Pre-curado	6	1	2- 3 - 7 - 8	9		
6.	Curado	7		4 - 8 - 2	3 - 9		1
7.	Destapar formaleta	8	2	5 - 3	4- 9		
8.	Acabado	9		5- 6		1	
9.	Almacenamiento				7- 6 - 5	2-3	4

Nota: * Tabla resumen de las relaciones que existe entre los procesos. 2018.

8.3.4 Diagrama Relación de actividades. Basado en la relación que existe entre los procesos se procede a realizar los diagramas de relación de actividades para cada modelo (Ver apéndice 34).

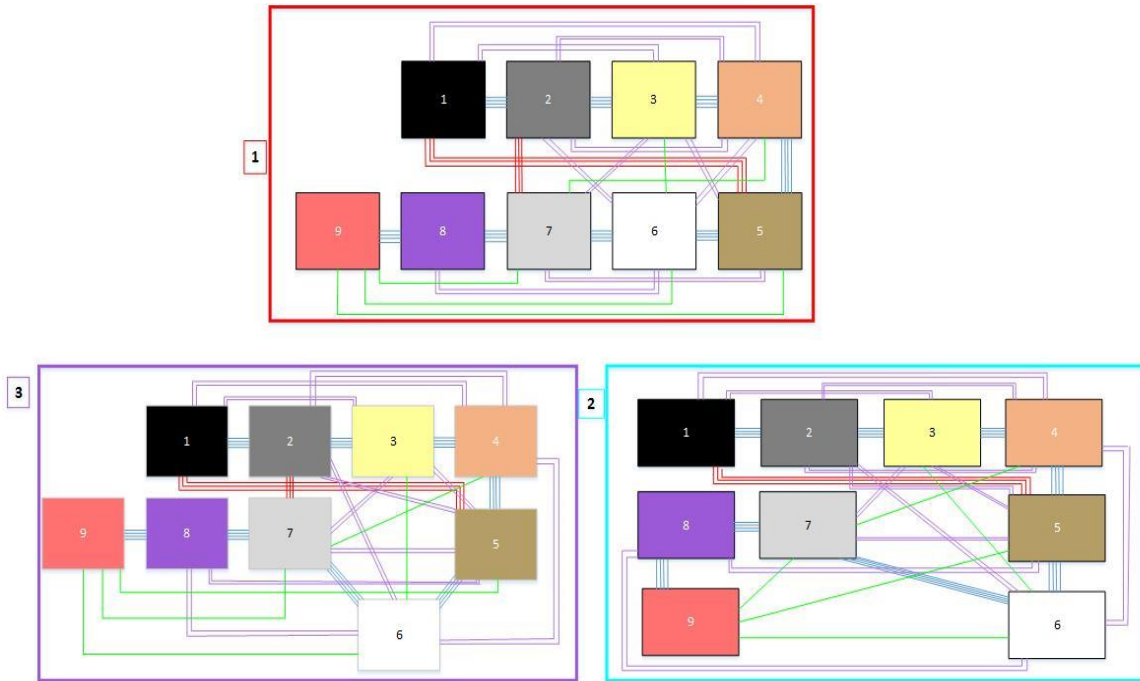


Figura 30. Diagrama de relación de actividades de las tres propuestas. 2018.

8.3.5 Necesidades de espacio. Basados en el diagnóstico realizado en la planta para sus líneas de producción, se determinó que actualmente no se cumplen con las necesidades de espacio requeridas como lo dice la norma dispuesta en la resolución 2400 de 1979, en la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo, debido a que los espacios entre formaletas y entre noyos en las líneas de producción se encuentran entre un mínimo de 0.70 m y un máximo de 1.49 m (Ver tabla 13), la norma m distancia entre equipos de 0,80 además entre estos equipos se realiza un desplazamiento de operarios para llevar a cabo las actividades de cada uno de los proceso involucrados para lo cual está permitido una anchura mínima de 1,20 m para pasillos interiores (Ver tabla 12).

Para llevar a cabo la distribución de planta se tomó como referencia la norma 2400 de 1979, teniendo en cuenta la anchura mínima de pacillos interiores 0,80 m, distancia mínima entre equipos de 1,20 m y espacio alrededor de calderas de 1,50 m. Asimismo la propuesta de la línea piloto se plantea como un área cubierta con el fin de eliminar retrasos ocasionados por condiciones climáticas que además de aumentar los tiempos de producción representan fatiga para los trabajadores por la exposición a sol en las líneas 2, 3 y 4, la altura mínima para el techo es de 1,80 m.

8.4 Propuestas de diseño.

Previo a la selección de la tecnología desarrollada en el objetivo de evaluación de tecnología en conjunto con los Directivos e involucrados de la empresa (Ver apéndice 10) y a los resultados encontrados por medio de los diagramas implementados anteriormente en el proceso, se concreta realizar tres modelos en los cuales se busca diferenciar las ventajas que brinda cada uno en términos de capacidad, área, tiempos, buscando mejorar la productividad del proceso. Para esto se genera una preselección de propuestas, las cuales fueron materializadas mediante la elaboración del diseño de planta para cada una (Ver apéndice 35). A continuación en cada uno de los modelos se realiza la descripción de los cambios realizados y los análisis pertinentes que serán base fundamental para seleccionar el modelo más adecuado:

Todos los modelos cuentan con nueve procesos, al igual que el proceso actual con el que cuenta Pretecor, se diferencian en la forma en cómo se llevan las actividades, gracias a las mejoras y las máquinas implementadas, con los nuevos modelos se busca principalmente ahorrar espacio,

aumentar la productividad y ser amigables con el trabajador, con estos tres factores de la mano se contará con un proceso de calidad.

Uno de los principales problemas de la forma cómo se lleva cabo el proceso actual es el exceso de desplazamientos implicados (Ver tabla 14) entre estaciones de trabajo y líneas de producción (Ver figuras 15 y 16), por lo cual se busca reducir dichos movimientos por medio de la nueva adecuación de las estaciones de trabajo y la reducción del área de producción, a través de la integración de cada uno de los factores involucrados, así mismo por medio de la implementación de una producción en línea, es decir, buscar que los movimientos sean realizados por el producto y no por los operarios .

Para cada modelo se realizó una selección de tecnología en compañía de los directivos, para el modelo No. 1 se plantea hacer un diseño medianamente automatizado, en el cual se mantienen algunos de los equipos implementados en el proceso actual, como los puentes grúas, y por ende se mantienen actividades aún artesanales como el corte de espirales.

El modelo No. 2 se plantea con el propósito de llevar a cabo un proceso menos artesanal y más automatizado comparado con el planteado en el No. 1, implementando un mayor número de equipos tecnológicos, y de esta manera un mayor número de mejoras.

Y por último se plantea el modelo No.3 el cual tiene como propósito ser en su totalidad un proceso automatizado, en el cual, el trabajo y esfuerzo de los operarios se ve disminuido en gran porcentaje gracias a los equipos tecnológicos implementados en cada uno de los procesos.

Los equipos que van a estar presentes en todas las propuestas son:

- **La línea en cadena:** la cual permite un flujo continuo del proceso, eliminando así recorridos innecesarios de los operario.
- **El gato hidráulico:** debido a que el proceso de tensión de las cuerdas es de alto riesgo, en el cual se presentan accidentes, generando lesiones e incapacidades en los trabajadores.
- **La cámara de vapor:** el proceso de curado es el cuello de botella del proceso de producción actual.

Se realiza una caracterización de los equipos seleccionados para cada uno de los modelos de producción, la capacidad de cada uno de ellos y el costo total que conlleva esta inversión para cada modelo. Las capacidades descritas están en función de velocidades, y tiempos de producción (Ver apéndice 36).

8.4.1 Propuesta modelo N°1. Para este modelo se tuvieron en cuenta 5 máquinas seleccionadas previamente en la evaluación de tecnología (Ver apéndice 36), a partir de las cuales se realiza el respectivo diseño de planta, con base en los resultados obtenidos en el objetivo de diseño de planta (Ver apéndice 35).

El modelo N° 1 presenta un menor porcentaje de automatización comparado con los demás modelos; el proceso de corte de espirales se lleva a cabo como se realiza actualmente, al igual que el proceso de pre-curado y acabado.

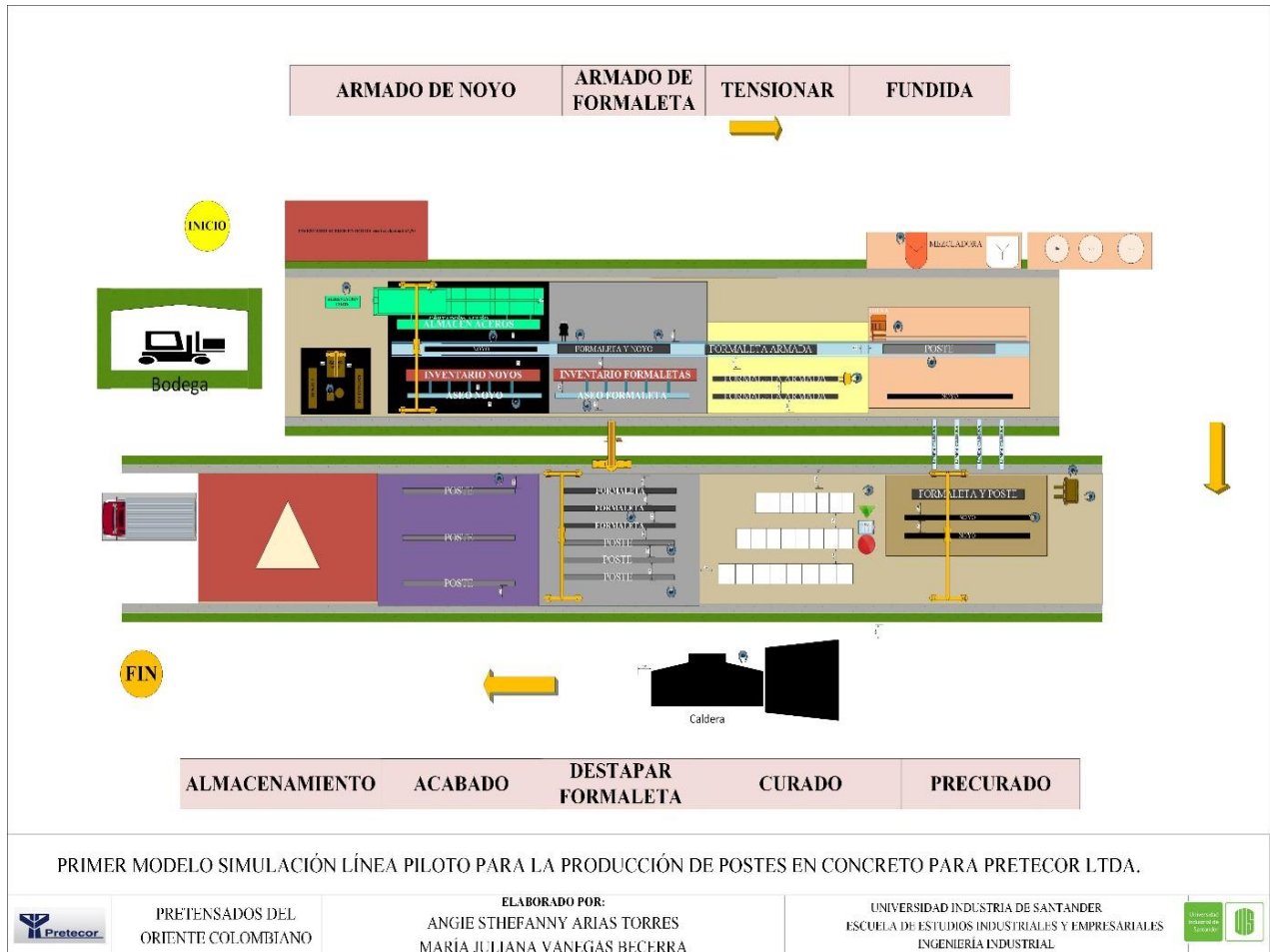


Figura 31. Plano primer modelo propuesto para la producción de postes en concreto para Pretector Ltda. 2018.

8.4.2 Propuesta modelo N° 2. Para este modelo se tuvieron en cuenta 7 máquinas seleccionadas previamente en la evaluación de tecnología (Ver apéndice 36). De igual manera se realiza el respectivo diseño de planta, con base en los resultados obtenidos en el objetivo de diseño de planta (Ver apéndice 35).

Este modelo presenta un porcentaje de automatización intermedio comparado con los demás modelos; el proceso de corte de espirales es reemplazado por la máquina armadora de jaula o canasta y los procesos de pre-curado y acabos se realizarán como se lleva a cabo actualmente.

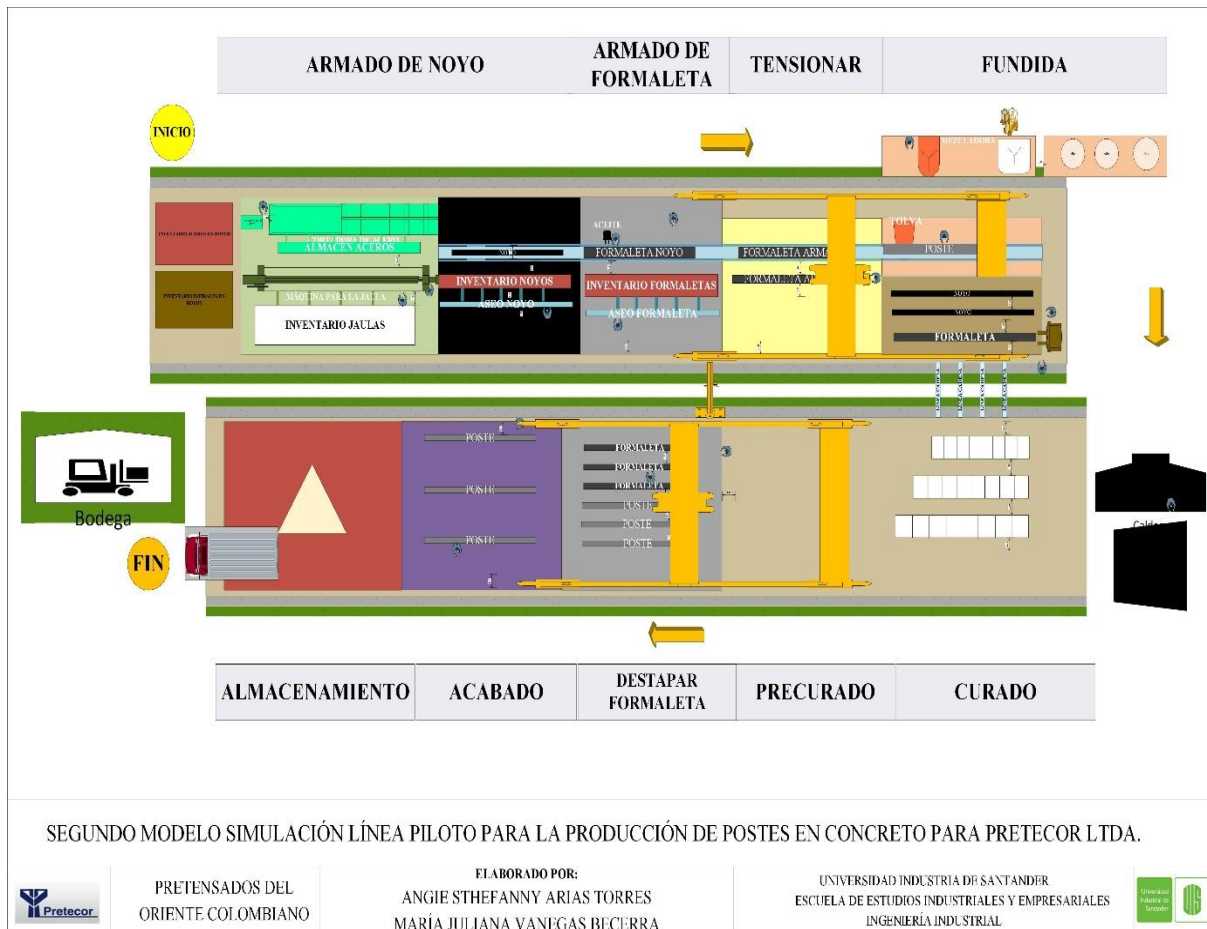


Figura 32. Plano segundo modelo propuesto para la producción de postes en concreto para Pretecor Ltda. 2018.

8.4.3 Propuesta modelo N° 3. Para este modelo se tuvieron en cuenta 8 máquinas seleccionadas previamente en la evaluación de tecnología (Ver apéndice 36). La figura 33 representa el diseño de planta planteado a partir de los equipos elegidos para este modelo (Ver apéndice 35).

El modelo N° 3 es el que presenta más automatización, se implementa un nuevo método para el corte de acero, corte de espirales, la aplicación de aceite tanto del noyo como de a formaleta será realizado por la máquina rociadora de aceite pospuesta, los proceso de pre-curado y acabado no presentan modificación.

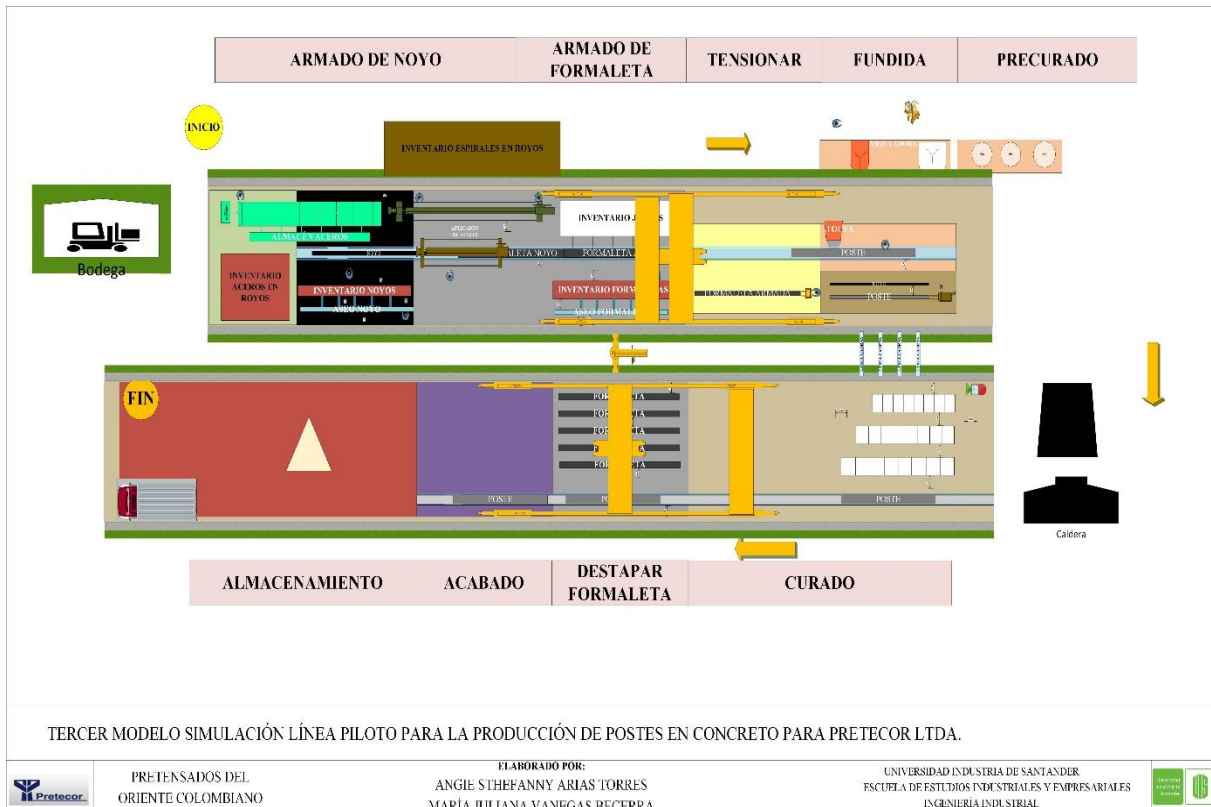


Figura 33. Plano tercer modelo propuesto para la producción de postes en concreto para Pretector Ltda. 2018.

8.4.4 Comparación de propuestas. En la tabla 32 se describen los cambios relacionados con la implementación de tecnología para cada uno de los modelos de diseño propuestos.

Tabla 32.

Área total requerida propuestas de diseño.

Proceso	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Armado de noyo	<p>En este proceso se involucraron en la misma área los procesos de corte de espirales y corte de acero para disminuir los extensos desplazamientos que realizan actualmente los operarios para alimentar el proceso de armado de noyo.</p> <p>Para el de corte de acero se implementa la máquina cortadora de acero automática. Se implementa la máquina armadora de jaula, la cual realiza el armado; asimismo para el corte de los aceros se implementa la máquina cortadora de acero automática.</p> <p>Para los tres modelos se van a disponer áreas específicas para contar con un inventario provisional de aceros, espirales y noyos para cada una de las referencias, con el fin de disminuir desplazamientos que no agregan valor al proceso</p>		
Armado de Formaleta	<p>La aplicación de aceite para las formaletas se va a seguir realizando como se hace actualmente para las propuestas uno y dos.</p> <p>Para la limpieza de las formaletas se dispone de un área para llevar a cabo ésta actividad, así mismo se dispuso de un área designada a un inventario provisional de formaletas.</p>		<p>Para la aplicación de aceite se implementa la máquina rociadora de aceite.</p>
Tensión	<p>Para los tres modelos se propone implementar para realizar la tensión de los aceros el gato hidráulico industrial (tensión Jack).</p>		
Fundición	<p>Éste modelo contará con la Máquina de alimentación de concreto móvil.</p>	<p>Se implementa la Máquina de vaciado de concreto prefabricado automática</p>	<p>Se implementa la Máquina vertedora de concreto, estaes estática.</p>
Pre-Curado	<p>A comparación del proceso actual se dispone de un área específica para realizar el proceso de pre-curado en el cual se retira el noyo de la formaleta, pero se seguirá realizando como se lleva a cabo actualmente.</p>		
Curado	<p>Para el proceso de curado se dispone de un área específica para realizar este proceso y se implementa la máquina de vapor.</p>		
Destapar formaleta	<p>Igualmente se asigna un área específica para llevar a cabo este proceso, asimismo se dispone de una zona donde soporte de formaleta</p>		
Acabado	<p>La línea contará con un área para llevar a cabo las actividades finales de resane del pose previas al almacenamiento por referencias.</p>		

Nota: * Cambios en los proceso con las máquinas incluidas para cada uno de los modelos propuestos. 2018.

La implementación de la máquinas mencionadas en la tabla anterior brinda ventajas al proceso como: disminuir los tiempos de producción, generan que el proceso sea amigable con el trabajador al disminuir riesgos y esfuerzos, cuentan con mayor capacidad, además permiten disminuir desplazamientos innecesarios por medio de un flujo continuo del proceso, asimismo cuenta con un sistema opcional de automatización, el cual requiere de menos operarios para llevar a cabo su operación, todo o anterior cumple con los objetivos que busca la empresa con el presente proyecto.

8.6.5 Costos modelos. Las máquinas seleccionadas fueron cotizadas en cada una de las empresas proveedoras por medio de correos electrónicos (Ver apéndice 29), de lo cual se obtuvo el costo total de los modelos propuestos según las máquinas seleccionadas para cada uno (Ver apéndice 36).

Los equipos elegidos de PC-Bar Stand y PC-Bar Lifter, los cuales fueron cotizados en la empresa HS Eng Co. Ltd., no se obtuvo cotización de sus precios debido a que por su estructura sencilla pueden ser fabricados en Colombia, y si así lo prefiere el cliente la empresa proporciona los planos de estos para facilitar su fabricación.

De los costos obtenidos para cada modelo, se obtuvo que el de mayor inversión es el modelo No. 3 con un costo total de US \$890000, como era de esperarse debido a que la cantidad de equipos implementados fue mayor a los implementados en los modelos 1 y 2 con un costo de US \$465900 y US \$842000 respectivamente.

8.4.6 Ajustes implementados. Los tres modelos anteriormente expuestos se basaron en el diagrama de relaciones (Ver figura 30) realizado para cada una de las propuestas, al realizar los planos de las propuestas de diseño (Ver apéndice 37) se presentaron unos ajustes respecto a la relación presentada en el diagrama de relación para los modelos 2 y 3, debido a requerimientos del director de producción y las condiciones de las máquinas relacionadas para cada uno.

Para los modelo 2 y 3 se realizaron modificaciones de ubicación a partir de los procesos de curado, con el fin de optimizar espacio y evitar el requerimiento de más equipos, además se cambia el tipo de máquina de vapor, debido a que los directivos consideraron que en el tipo 2 se presentaba mayor dificultad para poner los postes en la cámara de vapor, partiendo de la filosofía de buscar producir más en menos espacio.

8.5 Diagrama de espacios

Definidos las propuestas de diseño, se procede a realizar el diagrama de espacios, para identificar el área ocupada de cada uno de los modelos planteados y poder comparar el espacio ocupado entre los modelos. (Ver apéndice 34).

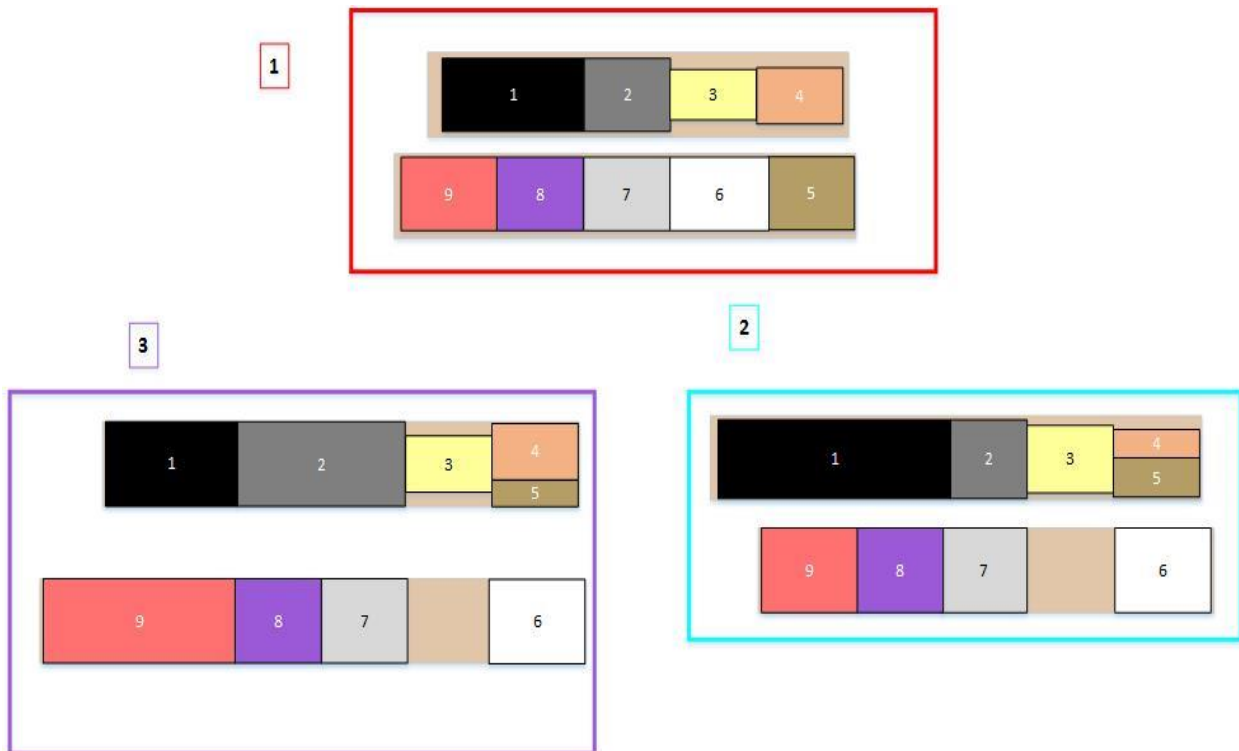


Figura 34. Diagramas de espacio de las propuestas de diseño. 2018.

8.5.1 Áreas propuestas de diseño. Las áreas ocupadas por proceso y el total de la línea piloto para cada una de las propuestas son las siguientes

Tabla 33.

Área total requerida propuestas de diseño.

Proceso	Tipo	Área (m ²)		
		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Armado de noyo	Operación	72	111,68	80
	Inventario	21,6	250,9	86,22
	Aseo	59,346	94,29	51,47
	Espirales (jaula)	86,14	99,9	107,03
	Acero	147	118	131,78
Total		386,1	679	544,18
Armado de formaleta	Operación	135	109,52	148,40
	Inventario	41,4	32	96
	Aseo	58,086	81,5648	106,41
Total		234	224	417,85
Tensión	Operación	162	216	84,6
Fundición	Operación	180	90	180
Pre-curado	Operación	144	126	180
Curado	Operación	268,45	280	300
Destapar formaleta	Operación	234	270	270
Acabado	Operación	234	270	270
Almacenamiento		260	300	600
Área total línea piloto		2436,4925	3036,546	3331,2405

Nota: * Área total requerida para cada uno de los modelos de diseño propuestos. 2018.

8.6 Simulación

8.6.1 Generalidades de la simulación. Una vez planteados los tres modelos con sus respectivos espacios, máquinas, áreas, se procede a realizar la simulación de los mismos haciendo uso de la herramienta FlexSim, por medio de la cual se determinará cuál de los modelos es el mejor, basados en los requerimientos y objetivos que buscan los Directivos de la planta de concreto de Pretecor Ltda. Estos requerimientos se definieron en las reuniones realizadas con los Directivos (Ver apéndice 10), en las cuales se acordó medir la efectividad de cada propuesta en términos de

capacidad y productividad, además como ya se ha mencionado anteriormente uno de los principales propósitos es reducir el espacio ocupado para la producción, buscando producir más en menos espacio.

8.6.1 Definición del problema. La productividad actual con la que cuenta la empresa corresponde al 57%, lo cual indica un porcentaje muy bajo, esto como producto de un inadecuado diseño de planta, la implementación de equipos con muy poca tecnología, y las condiciones ambientales deficientes, lo cual genera un proceso artesanal, el cual depende en casi su totalidad del trabajo y las capacidades de los operarios. Debido a estos factores, actualmente se presentan factores críticos el proceso productivo, tales como, elevados tiempos de producción, con una reducida cantidad de productos fabricados diariamente, así como desperdicios en esperas generados por las grandes distancias recorridas por los operarios durante el proceso.

8.6.2 Objetivos simulación

- Estimar el nivel de productividad de los tres modelos para las tres referencias: 8x510, 12x750 y 14x1050.
- Estimar el nivel de capacidad de los tres modelos para las tres referencias: 8x510, 12x750 y 14x1050.

8.6.3 Modelo conceptual. A continuación se clasificarán los diferentes tipos de entidades que interactúan entre sí para cada uno de los modelos planteados.

8.6.3.1 Eventos (supuestos).

- Para cada una de las máquinas se asignará un operario encargado de operarla y contarán con otros trabajadores que apoyen el proceso.

- Los empleados realizan la preparación o alistamiento de la maquinaria.
- Los empleados comienzan el desplazamiento de las materias primas para las zonas de corte de espirales, corte de acero y mezclado.
- Los empleados realizan la preparación para los procesos de armado de noyo (corte de espirales y corte de acero) y para el proceso de fundición (zona de mezclado).
- Los empleados realizan la limpieza de Noyos y Formaletas en las zonas asignadas para esta actividad, para cada proceso se asigna un operario.
- Tres operarios realizan el proceso de armado de Noyo para el modelo 1 y 2 para los modelos 2 y 3.
- Dos operarios realizan el proceso de armado de formaleta.
- Un empleado realiza el transporte de los recursos agregados para la zona de mezclado haciendo uso de un carro montacargas (bocatto).
- Para la fundición de los postes un operario manipula la tolva, otro se encarga de la mezcladora y otro operario se encarga de chuzar el concreto para que este se distribuya en la formaleta.
- Dos empleados realizan los acabados de los postes.
- Se cuenta con una jornada laboral de dos turnos de 12 horas, los cuales cuentan con tiempos de descanso, almuerzo y reparación de máquinas, generando un total de 10.5 horas efectivas por turno.

8.6.3.2 Entidades. En la siguiente tabla se describen cada una de las entidades tanto fijas como dinámicas, tenidas en cuenta para la simulación del primer modelo:

Tabla 34.

Identificación de entidades dinámicas y fijas del modelo.

Dinámicas	Fijas
<ul style="list-style-type: none"> • Formaletas • Noyos. • Postes. • Zona de fundición Tolva (Para modelo 1). • Puentes grúa. • Puente grúa espiraladora • Gato hidráulico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zona de Corte de acero cortadora de acero automática • Zona de corte de espirales, espiraladora (Para modelo 1). • Amado de jaula (Para los modelos 2 y 3). • Zona procesos armado de noyo y formaleta. • Zona de Mezclado. • Zona proceso Generación Vapor. • Zona proceso pre-curado. • Zona proceso curado. • Zona proceso acabado. • Zona de almacenamiento de materia prima, recursos (noyo, formaletas) y productos terminados. • Pluma industrial. • Tolva (para los modelos 2 y 3)

Nota: * Tabla resumen de las entidades dinámicas y fijas del modelo, tenidas en cuenta en la simulación. 2018

8.6.3.3 Recursos

- Operarios.
- Puente grúa
- Mezcladora.
- Formaletas.
- Noyos.
- Pluma industrial.
- Gato hidráulico
- Cortadora de acero
- Armadora de Jaula.

8.6.3.4 Supuestos del Modelo. A continuación se describen los supuestos tenidos en cuenta para los tres modelos:

Supuesto Inventario provisional: Las zonas de corte de espirales, corte de acero cuentan con un inventario provisional de sus recursos.

Supuesto operarios: Se asignan operarios específicamente a operar las máquinas como la cortadora de acero, espiraladora, mezcladora, gato hidráulico y cuentan con trabajadores auxiliares para apoyar el proceso.

Supuesto de órdenes de pedido: Para la generación de orden de pedido, se propone hacerlo de manera aleatoria y uniforme, dando probabilidad de ser requerido o producido cualquier tipo de poste.

Supuesto proceso Generación de vapor: Cuenta con un trabajador por turno encargado de desarrollar este proceso continuo.

Supuesto flujo continuo: La propuesta cuenta con una Línea en cadena para desarrollar el proceso en un flujo continuo pero por términos de la simulación se pretende asimilar este comportamiento haciendo uso de los recursos como procesadores, multiprocesadores, combiners, separadores.

A continuación se representan la identificación de los ítems para cada flowitems (entidad):

Tabla 35.

Ítem type de las entidades.

Ítem type	Ref. 8	Ref. 12	Ref. 14
Noyo	1 (Rojo)	2 (Verde)	3 (Azul)
Acero	4 (Rojo)	5 (Verde)	6 (Azul)
Espirales o Jaula	7 (Rojo)	8 (Verde)	9 (Azul)
Formaletas	10 (Rojo)	11(Verde)	12 (Azul)

Continuación Tabla 36. Ítem type de las entidades.

Ítem type	Ref. 8	Ref. 12	Ref. 14
Cemento	13 (Gris)	14 (Gris)	15 (Gris)
Arena y otros		16 (Gris)	

*Nota:** Tabla resumen de los ítems type empleados para cada entidad tenida en cuenta en la simulación. 2018.

8.6.3.5 Ruta y secuencia. Para cada una de las propuestas de diseño se realizó su respectivo diagrama de flujo del proceso (Ver apéndice 38), en los cuales se evidencian las actividades que se llevan a cabo para cada proceso con la secuencia que se llevaría a cabo el proceso productivo con las propuestas diseñadas. Además se puede observar la cantidad de trabajadores que conforman cada propuesta, en la que se diferencian con color negro los operarios encargados de operar las máquinas y con color amarillo los trabajadores encargados de apoyar la operación, el primer modelo cuenta con 21 trabajadores en total (7 operarios y 14 trabajadores auxiliares) y los modelos 2 y 3 cuentan con 18 trabajadores en total (7 operarios y 11 trabajadores auxiliares).

8.6.4 Simulación de los tres modelos. Teniendo en cuenta todos los diagramas, tablas y metodologías desarrolladas anteriormente, se procede a desarrollar la simulación de cada una de las propuestas de diseño (Ver apéndice 39) por medio del programa de simulación FlexSim, con lo que se busca comparar en términos de capacidad cada línea piloto, para finalmente tomar una decisión y seleccionar una de las tres propuestas.

Se busca seleccionar la propuesta que permita producir más postes, es decir, la que aumente su capacidad y por ende su productividad, además de disminuir el área invertida en la producción, con lo que se pretende obtener una línea de producción más eficiente al incluir nuevas máquinas en el proceso y con una distribución adecuada que permita disminuir desperdicios principalmente de desplazamientos.

8.6.4.1 Desplazamientos realizados en cada modelo. Cada modelo cuenta con una distribución, nuevas máquinas y una asignación de operarios para llevar a cabo su operación. (Ver apéndice 40). La siguiente tabla resume las distancias recorridas para cada modelo:

Tabla 37.

Desplazamientos realizados para cada modelo.

Origen	Destino	Distancia (m)		
		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Corte espirales (Jaula)	Armado de noyo	23,3	-	-
Corte acero	Armado de noyo	1,187	-	-
	Aseo noyo	14	14	14
Armado de noyo	Armado de formaleta	14	14	-
	Aseo Formaleta	14	14	14
Armado de Formaleta	Tensión	14	14	14
Tensión	Fundición	3,13	3,44	2,45
Fundición	Precurado	14	14	14
Precurado	Curado	5	2,86	3,48
Curado	Destapar formaleta	-	-	-
Destapar formaleta	Acabado	14	14	14
Acabado	Almacenamiento	14	14	14
Total		130,517	104,3	89,93

*Nota:** Tabla resumen de los desplazamientos empelados en las propuestas de las distribuciones de las líneas piloto. 2018.

Para los modelos Propuestos a diferencia de la forma como se lleva el proceso actual, cada proceso principal cuenta con una zona específica para llevar acabo su ejecución, con el fin de disminuir los desperdicios presentes en desplazamientos causados por las extensas distancias que deben recorrer los operarios entre los diferentes procesos, se propone tener en cuenta relaciones de proximidad entre estaciones de trabajo (Ver tabla 12), en el cual se buscaba mantener la secuencia de los procesos y dejar cerca las estaciones que se encontraban relacionadas entre sí, como las zonas de corte de acero y corte de espirales con armado de noyo, en las que se recorren en el proceso actual hasta 136,01 m.

La tabla 36 evidencia que se disminuyen las distancias de los desplazamientos entre los diferentes procesos, esto es debe principalmente a la nueva ubicación de los centros de trabajo, actualmente para la zona de corte de espirales se recorren alrededor de 117,5 m hasta la zona de armado de noyo de la línea 1, para la propuesta del primer modelo se recorre alrededor de 23,3 m, lo que representa una disminución del recorrido de 94,3 m, es decir se logra disminuir el recorrido en un 80 %; para los modelos 2 y 3 los operarios no deben realizar desplazamientos, debido a las nuevas máquinas que se propone implementar como: la armadora de jaula y corte de acero, además los puentes grúas propuestos realizan los desplazamientos requeridos.

Asimismo, se logra disminuir este despilfarro con la implementación de una línea en cadena que permita un flujo continuo del proceso, para lo cual se tuvo como objetivo que los movimientos sean realizados principalmente por los recursos y no por los operarios, por lo tanto se propuso que cada proceso cuente con operarios específicos encargados de ejecutar el proceso, representando solo movimientos que son necesarios en el proceso que les ha sido asignado.

8.6.4.2 Tiempos tenidos en cuenta para la simulación. Para llevar a cabo la simulación se tuvieron en cuenta los tiempos de las premuestras realizadas para la planta actual (Ver apéndice 14), de las actividades que se van a seguir desarrollando como hasta ahora para las propuestas, para acercarse más a la realidad del proceso, se estudia el comportamiento de los datos, teniendo en cuenta las premuestras tomadas, para determinar la distribución que presentan los datos de cada actividad, haciendo uso de la herramienta de Risk de Microsoft Excel, asimismo, se incluyeron los tiempos para los cambios implementados, estos datos fueron suministrados por las empresas proveedoras de las máquinas que fueron seleccionadas para cada modelos, a partir de los cuales se calculan los

tiempos tipos de producción por cada unidad de poste, para cada modelo (Ver apéndice 41). La siguiente tabla representa el tiempo que toma cada uno de los modelos en producir un poste para las referencias de postes 8, 12 y 14 m:

Tabla 38.

Tiempo tipo para cada modelo propuesto.

Modelos propuestos	Tiempo tipo (hora)		
	Ref. 8	Ref. 12	Ref. 14
Modelo 1	2,96	3,25	3,48
Modelo 2	2,71	3,02	3,16
Modelo 3	2,71	2,98	3,23

*Nota:** Tabla resumen tiempos correspondientes para cada modelo propuesto. 2018.

La tabla anterior permite observar que el modelo que más tiempo toma en producir cada una de las referencias es el modelo 1, esto se debe a que es el modelo menos automatizados de todos, en este se implementaron únicamente 5 máquinas para llevar a cabo el proceso, también se observa que entre los modelos 2 y 3 no se presenta gran diferencia en los tiempo debido a que estos solo se diferencia por una máquina incluida en el modelo la rociadora de aceite.

Asimismo se logra uno de los principales objetivos, disminuir los tiempos de producción, con la implementación de las nuevas máquinas se logra automatizar el proceso y generar un flujo continuo, lo que permite tener un proceso que cumple con las expectativas de los Directivos, producir más en menos espacio, disminuyendo también la cantidad de operarios y los tiempos de producción. Actualmente se toma un tiempo de producción de 5, 6 y 7 horas para las referencias

de postes 8, 12 y 14 respectivamente, con los nuevos procesos propuesto de obtiene un tiempo de alrededor de 3, 3.5 y 4 horas respectivamente.

En la tabla 37 se pueden observar los porcentajes en los que se disminuyeron los tiempos entre los modelos y cada una de las líneas de producción, Se observa una disminución de los tiempos entre un 46% y un 53,1%, es un porcentaje significativo que se ve reflejado especialmente en la disminución del proceso cuello de botella (curado).

Tabla 39.

Porcentaje diferencia tiempo de producción diario.

	Ref. 8	Ref. 12	Ref. 14
Modelo 1/ Línea 1	-47,0%	-46,4%	-47,5%
Modelo 1/ Línea 2	-48,7%	-46,0%	-46,6%
Modelo 1/ Línea 3	-46,7%	-46,1%	-46,7%
Modelo 1/ Línea 4	-46,0%	-45,4%	-46,0%
Modelo 2/ Línea 1	-53,1%	-49,8%	-51,6%
Modelo 2/ Línea 2	-53,1%	-49,8%	-51,6%
Modelo 2/ Línea 3	-51,2%	-49,9%	-51,6%
Modelo 2/ Línea 4	-50,6%	-49,2%	-50,9%
Modelo 3/ Línea 1	-51,6%	-50,8%	-51,3%
Modelo 3/ Línea 2	-53,2%	-50,4%	-50,5%
Modelo 3/ Línea 3	-51,3%	-50,5%	-50,5%
Modelo 3/ Línea 4	-50,7%	-49,9%	-49,9%

*Nota:**porcentajes de comparación de los tiempos de proceso actual con cada uno de los modelos propuestos para cada referencia. 2018.

8.6.4.4 Resultados simulación. Haciendo uso de la herramienta Experimenter del programa de simulación Flexsim, se busca obtener resultados que permitan comparara y analizar datos de los 3 modelos, para previamente seleccionar una de las propuestas. Se toma la decisión de comparar

los modelos en términos de capacidad, cantidad de postes producidos por modelos para las referencias de postes 8, 12 y 14, (Ver apéndice 42).

El reporte se genera con 100 réplicas para cada modelo (escenario) con una media de confianza del 90%, para un tiempo disponible de producción de 21 horas al día. En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos:

Tabla 40.

Resultados cantidad de postes por modelo para cada referencia.

Escenario	Referencia	< Promedio >			Desviación estándar	Mín.	Máx.
Modelo 1	Ref.8 x 510	6.69	7.18	7.67	2.92	6.00	16.00
	Ref.12x750	7.49	8.34	9.19	5.09	0.00	22.00
	Ref.14x1050	7.01	7.88	8.75	5.21	0.00	20.00
	Total	21.5	23.4	25.3	11.2	6.0	47.0
Modelo 2	Ref.8 x 510	33.9	35.1	36.2	6.9	7.0	46.0
	Ref.12x750	8.36	9.07	9.78	4.28	0.00	21.00
	Ref.14x1050	6.21	6.82	7.43	3.68	0.00	16.00
	Total	49.4	51.0	52.5	9.5	7.0	56.0
Modelo 3	Ref.8 x 510	1.56	2.15	2.74	3.55	0.00	16.00
	Ref.12x750	3.57	4.49	5.41	5.53	0.00	24.00
	Ref.14x1050	3.24	4.14	5.04	5.38	0.00	18.00
	Total	8.5	10.8	13.0	13.5	0.0	41.0

Nota:* Tabla resumen de la cantidad de postes promedio que se producirían en cada modelo propuesto para las referencias 8, 12 y 14 de postes. 2018.

8.6.4.5 Comparación resultados. En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos a través de los planos y la simulación realizada para cada modelo, que serán tenidos en cuenta para realizar la comparación entre los modelos para seleccionar el que más cumpla los requisitos que buscan los Directivos, como: reducción de espacio, tiempo, inclusión de tecnología, mayor capacidad, disminuir cantidad de operarios y de desperdicios como desplazamientos.

Tabla 41.

Comparación de resultados.

Escenario	Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3		
	Ref. 8	Ref. 12	Ref. 14	Ref. 8	Ref. 12	Ref. 14	Ref. 8	Ref. 12	Ref. 14
Tiempo de producción/ Poste	2,96	3,25	3,48	2,71	3,02	3,16	2,71	2,98	3,23
Cantidad postes promedio por día (21 hrs)	7.18	8.34	7.88	35.1	9.07	6.82	2.15	4.49	4.14
Cantidad (m^3)	1.48	3.24	5.04	7.23	3.53	4,38	0.44	1.75	2.65
Cantidad máx postes	46			51			42		
Área (m^2)	2436,4925			3036,546			3331,2405		
Desplazamientos (m)	130,517			104,3			89,93		
Cantidad operarios	21			18			18		
Cantidad máquinas incluidas	5			7			8		
Costo total nuevas máquinas	US \$465900			US \$842000			US \$890000		

Nota:* Tabla resumen de los criterios tenidos en cuenta para evaluar el modelo más adecuado para la producción de postes para las referencias 8, 12 y 14. 2018.

8.6.4.6 Modelo seleccionado. Basado en los criterios tenidos en cuenta anteriormente y con la aprobación de los Directivos de Pretecor, se toma la decisión de seleccionar el modelo N° 2 debido a que con los resultados obtenidos se evidencia que cumple con las expectativas que busca la empresa; aumentar capacidad, disminuir desplazamientos, tiempos de producción y área ocupada. A continuación se describen los factores tenidos en cuenta para la selección del modelo N° 2:

- En términos de tiempo para las tres referencias (8, 12 y 14) el modelo No 2 toma 2.71, 3.02, 3.16 horas respectivamente, el proceso actual toma alrededor de 5, 6 y 7 horas respectivamente, además los resultados de la simulación muestran que este modelo es el que más postes puede producir (51 postes al día para las tres referencias), esto se debe a la nueva distribución de los procesos y a la implementación de nuevos equipos, actualmente para las línea 1, 2, 3 y 4 se producen 27, 10, 12 y 15 postes al día respectivamente.

- Cuenta con área de 3036,546 m en la cual los operarios deben recorrer alrededor 104,3 m, a diferencia del proceso actual, el cual cuenta con un área total de producción de 6389m y los operarios alcanzan a recorrer hasta 548,31m.
- Por turno requiere de 18 operarios para llevar a cabo su operación, actualmente requieren de 26 operarios por turno, por lo tanto se disminuye significativamente la cantidad de operarios requerida.
- Con la implementación de las máquinas para este modelo, se logra eliminar maquinaria obsoleta y se obtiene un proceso con automatización promedio, con las cuales se busca mejorar la calidad del proceso y por ende la seguridad del trabajador.
- En términos de inversión al ser el modelo de automatización media tiene un costo de US \$842000, el cual se verá soportado por el incremento de la capacidad de producción obtenida.

9. Comparación resultados

Esta última etapa tiene como objetivo evaluar el desempeño de la propuesta de diseño elegida en el objetivo anterior el cual corresponde al modelo No 2., mediante un análisis comparativo de la misma con el proceso productivo actual. Esto mediante el uso de la herramienta de simulación Flexsim, por medio de la cual se pretende evaluar los resultados obtenidos respecto a la tecnología implementada y a la distribución realizada para la propuesta de diseño de la línea piloto. Esto en términos de capacidad, representada en la cantidad de unidades de postes producidas; en términos de tiempo de fabricación y en la distancia total recorrida por los operarios.

Con esto se pretende además ser un referente para las futuras decisiones que deba tomar la organización respecto a la transformación de su proceso productivo y a la distribución del mismo. Los resultados del proceso productivo implementado actualmente en Pretector fueron obtenidos a partir de la simulación del mismo. Trabajo que fue facilitado por la empresa (Ver apéndice 43).

9.1 Análisis y presentación de resultados

A partir de los resultados obtenidos de la simulación del proceso actual se realiza un resumen de la cantidad de postes fundidos diariamente (21 horas), representados en la tabla 40, donde de igual manera se muestra la cantidad mínima y la cantidad máxima que se obtuvo al generar 100 réplicas en el modelo. Este estudio se realizó para las líneas de producción 1, 2, 3 y 4, y para las referencias 8 x 510 m, 12 x 750 m, y 14 x 1050 m. En algunos escenarios el número mínimo de postes fundidos dio cero, lo cual se debe a que la orden de pedido para este modelo se generó de manera aleatoria, dando probabilidad de ser requerida o producida cualquier tipo de poste.

Tabla 42.

Cantidad de postes producidos proceso actual.

Escenario	Referencia	< Promedio >	Desviación estándar	Mín.	Máx.		
Línea 1	Ref. 8 x 510	8.70	9.25	9.80	3.32	2.00	17.00
	Ref. 12 x 750	8.26	8.75	9.24	2.92	2.00	21.00
	Ref. 14 x 1050	8.01	8.52	9.03	3.08	1.00	16.00
	Total	24.97	26.52	28.07	10.32	5.00	54.00
Línea 2	Ref. 8 x 510	3.45	3.79	4.13	2.04	0.00	10.00
	Ref. 12 x 750	2.58	2.87	3.16	1.76	0.00	7.00
	Ref. 14 x 1050	2.27	2.54	2.81	1.64	0.00	7.00
	Total	8.3	9.2	10.1	5.44	0.00	24.00
Línea 3	Ref. 8 x 510	4.21	4.51	4.81	1.77	0.00	9.00
	Ref. 12 x 750	3.88	4.17	4.46	1.74	0.00	8.00
	Ref. 14 x 1050	3.93	4.20	4.47	1.60	1.00	8.00
	Total	12.02	12.88	13.74	5.11	1.00	25.00
Línea 4	Ref. 8 x 510	5.19	5.62	6.05	2.60	1.00	12.00
	Ref. 12 x 750	4.14	4.44	4.74	1.81	0.00	9.00
	Ref. 14 x 1050	5.46	5.77	6.08	1.84	1.00	10.00

Continuación Tabla 43. Cantidad de postes producidos proceso actual.

Escenario	Referencia	< Promedio >		Desviación estándar	Mín.	Máx.
Total	14.79	15.83	16.87	6.25	2.00	31.00

*Nota:** Cantidad de postes producidos en el proceso actual para las referencias 8, 12 y 14 de postes, en las líneas 1, 2, 3 y 4, obtenidos de la simulación del proceso actual. Adaptado de Pretector.2018.

En la tabla 41 se muestran los resultados obtenidos de productividad para las cuatro líneas de producción, en término de la cantidad de metros cúbicos, el cual es obtenido a partir de la cantidad promedio de postes obtenida mostrada en la tabla anterior, la cantidad de carretillas necesarias para cada poste, el número de batches necesarios para esa cantidad de carretillas y, finalmente, el número de metros cúbicos por cada tipo de poste para cada línea y de esta manera se establece una fórmula general para el cálculo de la cantidad de metros cúbicos por línea de producción. De igual manera se tiene como consideración la cantidad de operarios requeridos para la fabricación de dichos postes, a partir de los cual se obtiene la cantidad de metros cúbicos promedio por operario.

Tabla 44. *Metros cúbicos producidos diariamente en el proceso actual.*

	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4	Total	N° operarios	M ³ /Op.
Proceso actual	11,21075	3,68315	5,44785	6,7512	27,09295	36	0,75219

*Nota:** Metros cúbicos producidos diariamente en el proceso actual para las referencias 8, 12 y 14, obtenidos de la simulación del proceso actual. Adaptado de Talero (2017).

Con el objetivo de realizar un análisis detallado de los resultados obtenidos para el modelo de simulación de la línea piloto propuesta, se hace una comparación de este con cada una de las líneas de producción actuales, como se muestra en la tabla 42. Para esto se tuvieron en cuenta los

resultados de los dos modelos de simulación, de donde se obtuvo la cantidad de postes fundidos promedio, la cantidad máxima, y la cantidad de metros cúbicos producidos (Ver apéndice 42 y 43). De igual manera de a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico, se obtuvieron el área total de cada línea y la distancia total en desplazamientos.

Tabla 45. *Comparación línea piloto con las líneas actuales de producción.*

	Modelo Línea piloto	Modelo Línea 1	Modelo Línea 2	Modelo Línea 3	Modelo Línea 4
Cantidad postes promedio	50.99	26.52	9.2	12.88	15.83
Cantidad (m3)	15.11	11.21	3.68	5.44	6.75
Cantidad máx. postes	51	54	24	25	31
Área (m²)	3036.546	2962.926	704.408	1587.7785	1134.3796
Desplazamientos(m)	104.3	548.31	262.14	330.64	433.1
Cantidad operarios	18	36			
Cantidad equipos	13	32	16	16	17

Nota: * Comparación línea de producción piloto con las líneas de producción actuales 1, 2, 3 y 4. 2018.

Tabla 46.

Resultados comparación línea piloto con las líneas actuales de producción.

	Línea piloto/ línea 1	Línea piloto/ línea 2	Línea piloto/ línea 3	Línea piloto/ línea 4
Diferencia cantidad postes promedio	24	41	38	35
Diferencia cantidad (m3)	3.9	11.43	9.67	8.36
Diferencia cantidad máx. postes	2	32	31	25
Diferencia cantidad operarios			-18	
Diferencia cantidad de equipos empleados	-19	-3	-3	-4

Nota: * Resultados comparación línea piloto con las líneas actuales de producción expresados en cantidad de diferencia. 2018.

A partir de los resultados presentados en la tabla 42, se observa que la cantidad promedio y la cantidad máxima de postes, y la cantidad de metros cúbicos, que pueden producirse con el modelo de la línea piloto es mayor a las obtenidas en los modelos de las líneas actuales; teniendo la brecha de diferencia más alta con la línea 2, respecto a la cual puede producir 41 postes promedio y 11,43

metros cúbicos más, seguidas por la líneas 3 y 4, cuya diferencia es similar, con la producción de 38 y 35 postes de más, respectivamente, y una cantidad en metros cúbicos de 9,67 y 8,36. Respecto a la línea 1 la diferencia es menor con 24 postes promedio y 3,9 metros cúbicos de producción.

De igual manera, la cantidad máxima de postes producidos por el modelo de la línea piloto, es mayor a las producidas por los modelos de las demás líneas, teniendo la mayor diferencia con las líneas 3 y 4, respecto a las cuales puede produce una cantidad máxima de 32 y 31 postes, respectivamente. Respecto a la línea 4 puede producir una cantidad máxima de 25 postes de más, y con respecto a la línea 1 tiene una diferencia de mínima, con una cantidad máxima de 2 postes de más. Por otro lado, se observa que existe una reducción significativa en el número de operarios requeridos por el modelo de la línea de producción piloto, con 18 operarios, es decir requiere de un 50% menos de mano de obra para llevar a cabo el proceso, además de requerir un menor número de equipos comparado con los que actualmente intervienen en cada una de las líneas.

Tabla 47.

Resultados comparación de tiempos de producción en porcentaje entre línea piloto con las líneas actuales de producción.

	% Tiempo total de producción / Poste			
	Línea piloto / Línea 1	Línea piloto / Línea 2	Línea piloto / Línea 3	Línea piloto / Línea 4
Ref. 8.	-48,5%	-46,9%	-48,8%	-49,4%
Ref. 12.	-49,9%	-50,2%	-50,1%	-50,8%
Ref. 14.	-47,7%	-48,4%	-48,4%	-49,1%

Nota: * Resultados comparación de tiempos de producción por unidad de poste para las referencias 8, 12 y 14, entre la línea piloto y las líneas actuales de producción expresados en porcentaje. 2018.

En la tabla 45 se muestran los resultados obtenidos a partir de la comparación de los tiempos de producción generados por el modelo de la línea piloto propuesta con los tiempos de las líneas

de producción actuales. A partir de lo cual se evidencia, que el modelo de la línea piloto logró reducir el tiempo de producción para cada unidad de poste actual en un promedio del 50% para las tres referencias.

Tabla 48.

Resultados comparación en porcentaje línea piloto con las líneas actuales de producción.

	Línea piloto / Línea 1	Línea piloto / Línea 2	Línea piloto / Línea 3	Línea piloto / Línea 4
% Área (m^2)	2.48%	331.07%	91.24%	167.68%
% Desplazamientos	-80.97%	-60.21%	-68.45%	-75.91%

Nota: * Resultados comparación línea piloto con las líneas actuales de producción expresados en porcentaje de área y desplazamientos entre la línea piloto y la línea de producción actual 1. 2018.

Sumado a los factores comparados en la tabla anterior, como se muestra en la tabla 45 se comparan el área y la distancia recorrida, requeridos por el modelo de la línea piloto propuesta, respecto a las líneas de producción actuales. De lo cual se obtiene que el área de producción requerida por el modelo de la línea piloto propuesta es mayor a la que actualmente es utilizada por las demás líneas. Respecto a la línea 4 se obtuvo que requiere un porcentaje del 167,68% más de área, lo cual indica que se requieren casi dos veces el área actual de esta. Respecto a la línea 3 y 2, requiere del 91,24% y 76,80% más de área, respectivamente, los cuales son diferencias igualmente significativas. Y por último, se obtiene que el área de la línea con la que existe una menor diferencia es con la línea 1, respecto a la cual solo requiere de un 2,48% más de área.

De igual manera, a partir de los porcentajes de distancias recorridas por los operarios durante el proceso se obtiene que, el modelo de la línea piloto logra reducir significativamente los

desplazamientos comparados con los requeridos por el modelo de las líneas de producción actuales. Se obtiene que respecto a la línea 1 se reduce el 80,97% de la distancia recorrida durante el proceso, seguido por la requerida en la línea 4 con una reducción del 75,91% en desplazamientos. Y por último respecto a las líneas 2 y 3 logra reducir un 60,21% y 68,45% respectivamente.

De lo cual se concluye que las líneas en las que existe una mayor reducción en los desplazamientos comparados con el modelo de la línea piloto, son las que mayor porcentaje de área tienen, es decir las que menor diferencia tienen en área con la línea piloto. Lo cual se cumple para todas las líneas, excepto para la línea 4, la cual a pesar de tener menor área que la línea 3, tiene un mayor número de desplazamientos debido a que es la línea que mayor distancia tiene con los demás centros de trabajo.

Para concluir, se menciona que la implementación del modelo propuesto para la línea de producción piloto, logra cumplir con los objetivos propuestos, como el aumento de la productividad expresada en la cantidad de postes fundidos diariamente y en la cantidad de metros cúbicos requeridos. De igual manera logra disminuir la mano de obra requerida, los desplazamientos, y el tiempo de producción.

Cabe resaltar que el área requerida siempre fue un factor importante en los objetivos planteados, el cual se esperaba poder reducir con el modelo planteado, teóricamente podemos decir que este objetivo no se logró, pero existen unos factores asociados a esto, que prueban lo contrario, como, que las líneas actuales no involucran en sus áreas los centros de trabajo en común, como la estación

de corte de espirales corte de acero, preparación de concreto, y generación de vapor, a diferencia del diseño propuesto para la línea piloto la cual involucra cada una de ellas en su área total, ya que cumple la función de ser un flujo continuo del proceso y además se asigna un área específica para cada proceso.

10. Conclusiones

- Como resultado del diagnóstico realizado inicialmente, se identifican las causas del 57% de improductividad del proceso actual, representada en elevados tiempos de producción, distancia recorrida por los operarios durante el proceso, la capacidad de producción actual, y los despilfarros de materia prima generados por operario. Identificándose de esta manera, factores críticos implicados directamente, como el inadecuado diseño de planta, la falta de tecnología de los equipos que intervienen en el proceso, las condiciones ambientales del espacio productivo, y la cantidad de actividades productivas interrumpidas.
- Con base en el análisis de capacidad se identificó el proceso de curado como el cuello de botella de la producción, actual, ya que toma un tiempo entre 3 y 4 horas en llevarse a cabo dependiendo de la referencia de poste que se esté produciendo. Este tiempo se reduce gracias a la cámara de vapor, equipo implementado en el modelo propuesto, que permite realizar el proceso de curado en un tiempo de 1 a 1:30 horas.
- Los resultados obtenidos en el proyecto, evidencian que las tecnologías y equipos implementados en el modelo de producción propuesto, y el diseño de planta obtenido para este, permiten generar una alta productividad, y optimización del tiempo. Logrando así, aumentar la capacidad de producción que se tiene actualmente en las líneas de producción actuales, mostrando un aumento de 3.9, 11.43, 9.67, y 8.36 metros cúbicos en promedio de las referencias 8, 12 y 14 para las líneas 1, 2,3 y 4 respectivamente; así como una reducción del tiempo empleado para producir una unidad de poste en promedio para las tres

referencias del 48,7%, 48,5%, 49,1% y 49,7 %, respecto a las líneas 1,2,3 y 4 respectivamente.

- A partir de las tecnologías implementadas en el modelo propuesto, se obtuvo una reducción del 50% de mano de obra, requiriéndose un total de 18 operarios para el proceso, siendo este la mitad de los 36 que intervienen en el proceso productivo actual. Esto demuestra que es posible utilizar un menor porcentaje de mano de obra en el proceso, generando mejores resultados con una precisión mayor en las actividades realizadas, y además de esto disminuir el riesgo de accidentes y desgaste físico de los operarios.
- A partir de la evaluación de tecnología se evidenciaron las tecnologías actualmente desarrolladas en el mercado por empresas que son competencia directa para Pretector, de lo cual se resalta la necesidad de la empresa de adquirir nuevos equipos y tecnología que le permita competir en el mismo nivel a las mejores empresas en el mundo, y sacar provecho de la posición con la que actualmente cuenta en el mercado.
- En comparación con la distribución actual del proceso, las propuestas de diseño realizadas evidencian que el proceso se puede llevar a cabo con una distribución más adecuada. El modelo propuesto seleccionado implica menores desplazamientos, esto se debe a que se cuenta con zonas específicas para cada proceso, que apoyadas en la relación de proximidad de los diferentes centros de trabajo logra disminuir hasta en un 80% desplazamientos que actualmente no generan valor en el proceso. Se obtiene una disminución de desplazamientos para las líneas de producción 1, 2, 3 y 4 de 81 %, 60 %, 68 %, 76 %

respectivamente, lo que permite generar un proceso más productivo, que aunque si se compara el espacio ocupado ($3037 m^2$) con cada línea ocupa más área, pero genera menos desplazamientos y más postes producidos .

11. Recomendaciones

- Por las condiciones de las formaletas con las que cuenta actualmente Pretector, se genera desperdicio de concreto por las aberturas que tiene, debido a que estas formaletas son modulares, es decir, se puede graduar su longitud; además de requerir un transporte complejo por su estructura, por lo tanto, se recomienda implementar otro tipo de formaletas, con el fin de disminuir este despilfarro.
- Se propone que para la zona de fundición se implemente una bandeja que tenga como fin recibir todo el concreto que se cae de las formaletas, buscando reprocessar este concreto, haciendo que nuevamente ingrese a la tolva. De esta forma se logra disminuir notablemente el despilfarro que representa pérdidas para la planta.
- Los resultados obtenidos permitieron evidenciar la eficiencia que puede lograr el sistema de transporte continuo, por lo cual pensar en la posibilidad de diseñar un modelo con la mayor cantidad de líneas automatizadas, reduciría en un mayor número el porcentaje de mano de obra requerida, y con una adecuada distribución del proceso se podría pensar en aumentar considerablemente la capacidad del sistema.
- Se recomienda a los directivos de la empresa, si se piensa en implementar las tecnologías determinadas en el proyecto, realizar capacitaciones rigurosas y pruebas de habilidades que le permitan determinar si los operarios cuentan con las capacidades que requieren este tipo de tecnologías.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía de Piedecuesta. (2017). *Alcaldía de Piedecuesta*. Recuperado el 05 de 01 de 2018, de <http://www.alcaldiadepiedecuesta.gov.co/Transparencia/PlanesProgramasyProyectos/PO T%20Proyecto%20de%20Acuerdo.pdf>
- Angelozzi, S., & Martín, S. (2011). *Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva: aportes desde las bibliotecas y centros de documentación*. Córdoba.
- Arenas, J. (2017). *Análisis de capacidad y “Diseño de planta para la línea Bed Lab, antes Dr. Linho, de líneas hospitalarias LH S.A.S.* Bucaramanga.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2011). *Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva*. Madrid.
- Blanco, F. (n.d). *uniovi*. Recuperado el 02 de 01 de 2017, de <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion6.PropiedadesCEMENTOS.pdf>
- Buscador de Google. (Sin fecha). En *Wikipedia*. Recuperado el 7 de Julio de 2018 de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Buscador_de_Google&oldid=109078591.
- Catalán, C. (2015). *Ingeniería de métodos*. Trujillo.
- Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. México: Mc Graw Hill.
- Ecosia. (Sin fecha). En *Wikipedia*. Recuperado el 7 de Julio de 2018 de <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ecosia&oldid=106275670>.
- Fernández, J., Ceballos, J., & Restrepo, E. (2011). Aplicación de una propuesta de guía metodológica para un caso de simulación discreta en el sector del servicio automotriz, caso

- específico: Euroautos Ltda.-Renault Minuto. *Revista Nacional de Investigación - Memorias*, 9(15), 41-54.
- Ferreteria Lindavista (2016). *Cortadora de metales 14" (355 mm) quik-change™ sistema de cambio rápido de disco dewalt d28715*. [Figura]. Recuperado de <http://www.ferreterialindavista.com>
- Fullana, C., & Urquía, E. (2009). *Los modelos de simulación: Una herramienta multidisciplinar de investigación*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Fundación General.
- García, A. (2013). *Solución Del Problema Dinámico Estocástico De La Distribución De Planta Mediante El Uso De Un Algoritmo Genético*. Bogotá D.C.
- García, R. (2002). *Estudio del trabajo* (2 ed.). Mc Graw Hill.
- Grupo empresarial EPM (Empresas Públicas de Medellín). (2015). *Análisis valor añadido y valor no añadido Pretecor*. [Informe realizado para Pretecor Ltda].
- Hercab (S.f). *Paul – Gato de tensado 25ton/50cm carrera con bomba hidráulica de 50 litros*. [Figura]. Recuperado de <https://hercab.com>
- Hernández, A. (2012). *Diseño de la línea de producción para la elaboración de la presentación de 155 gramos. Sartenejas*.
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Escuela de Organización Industrial - EOI.
- International Civil Aviation Organization (2005). *Technology pre-screening process and evaluation criteria*. Recuperado de <https://www.icao.int/safety/acp/ACPWG>.
- Instituto Español de Estudios Estratégicos. (2013). *Cuadernos de Estrategia 162. La inteligencia económica en un mundo globalizado*. Madrid: Ministerio de Defensa.

- ISO. (2005). *iso*. Recuperado el 03 de 01 de 2018, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-3:v1:es>
- Lefcovich, M. (17 de Marzo de 2005). *Gestiopolis*. Recuperado el 04 de 01 de 2018, de <https://www.gestiopolis.com/gestion-productividad/>
- Made-in-China (2018). *1,5 m3 Mezclador de concreto para la planta mezcladora de concreto (JS1500)*. [Figura]. Recuperado de <https://es.made-in-china.com>.
- Medina, C., & Mauricci, G. (2014). *Factores que influyen en la rentabilidad por línea de negocio en la clínica Sánchez Ferrer en el periodo 2009-2013*. Trujillo.
- Metricingeniería (S.f). *Moldes o formaletas para postes de concreto*. [Figura]. Recuperado de <http://www.metricingenieria.com>.
- Meyers, F., & Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales* (3. Ed). PEARSON educación.
- Microsoft excel (Sin fecha). En *Wikipedia*. Recuperado el 7 de Julio de 2018 de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Microsoft_Excel&oldid=109054785.
- Microsoft word (Sin fecha). En *Wikipedia*. Recuperado el 7 de Julio de 2018 de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Microsoft_Word&oldid=109025871.
- Ministerio de agricultura y desarrollo rural. (2008). *Ficha técnica de herramientas, 2007* [Tabla]. Recuperado de: *Estudios de vigilancia tecnológica aplicados a cadenas productivas del sector agropecuario colombiano*.
- Ministerio de Salud. (1983). *Alcaldiabogota*. Recuperado el 02 de 01 de 2017, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=6305>
- Muther, R. (1970). *Distribución en planta*. Barcelona: Hispano Europea.
- Niebel , B. (1996). *Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos* (9 ed.). Alfaomega.

Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo* (12 ed.). S. A. McGraw-Hill Interamericana .

Peña, J. (2012). *Diseño y simulación de una línea de producción para el laboratorio de ambiente real de manufactura de la escuela de Estudio Industriales y Empresariales de la universidad*. Bucaramanga.

Pretolsa (2010). *Minicargador marca case 430 serie 3 modelo año 2009*. [Figura]. Recuperado de <http://www.pretolsa.com>

Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad: manual práctico*. Oficina Internacional del Trabajo.

Salazar, B. (2016). *ingenieriaindustrialonline*. Recuperado el 03 de 01 de 2017, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/>

Santa María, J. (2017). *Gestión administrativa y productividad según trabajadores del cultivo de camarones, Tumbes 2016*. Perú.

Segura, A. (s.f). *Layout Aplicación a un Despacho de Administración de Fincas*.

Soria, F. (1982). La normalización Nacional e Internacional de cementos. *Materiales de construcción*(188), 59-72.

Suarez, D. (2014). *Armada de la estructura para el poste*. [Figura]. Recuperado de <http://deirosuarez.blogspot.com/>.

Suarez, D. (2014). *Fabricación del espiral para la estructura*. [Figura]. Recuperado de <http://deirosuarez.blogspot.com/>.

Talero, L. (2017). *Simulación Pretecor*. [Informe realizado para Pretecor Ltda].

Universidad Continental. (2013). *Manual autoformativo: Introducción a la Ingeniería Industrial*.

Perú: Fondo Editorial de la Universidad Continental.

Universidad de Jaén. (2005). *Administración de Empresas y Organización de la Producción*.

Urbano, D., & Toledano, N. (2008). *Invitación al emprendimiento: una aproximación a la creación de empresas*. Barcelona: UOC.

YaCy. (Sin fecha). En *Wikipedia*. Recuperado el 7 de Julio de 2018 de <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=YaCy&oldid=107698309>.

Vásquez, E. (2017). *Mejoramiento de la productividad en una empresa de confección sartorial a través de la aplicación de ingeniería de métodos*. Lima.

Velásquez, N. (2015). *Gestión de motivación laboral y su influencia en la productividad de las empresas industriales en Chimbote*. Trujillo.

Vinca Equipos Industriales (2016). *Puente grúa ligero*. [Figura]. Recuperado de <https://www.vinca.es>.