

Diseño de la distribución de una planta productora de negro de humo en Ecuador cuya fuente de energía para su proceso de producción es el gas natural

Autor: Katty V. Vélez¹, Paola E. Saltos² y Mentora: Cinthia C. Pérez Ph.D.

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, kvvelez@espol.edu.ec, paoesalt@espol.edu.ec, ccperrez@espol.edu.ec

Resumen—El estudio presenta el diseño de la distribución y evaluación económica de una planta productora de negro de humo, con una fuente de energía limpia para su proceso productivo como lo es el gas natural. A partir de la información recopilada en medios locales y limitadas fuentes internacionales se definió la metodología ingenieril del libro de Tompkins para el desarrollo del estudio y se utilizó el método de Brown&Gibson para su localización y condicionantes del diseño tales como: producto, proceso. El proceso productivo fue modelado en el programa Promodel con las restricciones del proceso productivo, para obtener la distribución de la planta se analizaron puntos importantes como manejo de materiales, inventario de materia prima, logrando así un prototipo final en el programa Autocad2d.

Palabras claves: Diseño de planta, Gas Natural, Negro de Humo.

Abstract —The study presents the design of the distribution and economic evaluation of a plant producing carbon black, with a power source clean for your production process such as natural gas. Based on the collected local and international information limited the engineering methodology for the development of the study was defined and used methods for its location and constraints of the design: product and process. The production process was made on Promodel program determining process constraints, for the distribution of the plant was analyzed material handling, raw material inventory as a critical point in the process, the result was a prototype designed in the program Autocad2d.

Keywords: Carbon Black, Layout Design, Natural Gas

I. INTRODUCCIÓN

En estos últimos años en Ecuador se ha estado desarrollando un proyecto nacional llamado “Cambio de la Matriz Productiva” con el cual se busca el desarrollo de productos ecuatorianos con valor agregado, con el fin de elevar el consumo de productos nacionales y la creación, desarrollo y crecimiento de las industrias productoras, tanto de materia prima como productos terminados. Sus objetivos principales son la disminución de la pobreza, el desarrollo del talento humano y la mejora de la calidad de vida de los ecuatorianos. Senplades en [1] nos indica que este cambio es a largo plazo y se logra hacerlo factible con proyectos estratégicos cuyo estudio, construcción y diseño requieran de plazos de varios años y de bienes industrializados de un alto valor agregado.

Ecuador es un país cuyo mayor ingreso es la venta de petróleo, recurso natural no renovable, cuyo precio es muy inestable y la caída de este afecta de formato directa a la economía del país. Cevallos en [2] redacta que en el año 2015 el gobierno nacional luego de algunos debates sobre la explotación de reservas petroleras ubicadas en el Yasuní, localizado en la Amazonía ecuatoriana, da paso a los trabajos en el campo Tiputini, con el fin de obtener ingresos por un valor de 18,29 millones de dólares americanos.

La industria petroquímica y de energías renovables son unas de las muchas industrias que el gobierno desea desarrollar.

Existen muchos productos que se elaboran a partir del petróleo y se podrían aprovechar, convirtiéndolos en materia prima industrializada de alta calidad, para nuestro estudio hemos elegido el negro de humo. Como menciona Donnet en [3], el negro de humo o carbono puro, es una de las materias primas más demandadas en la industria llantera. Piña en [4] menciona que “la fortuna de la industria llantera esta correlacionada positivamente con la de la industria de neumáticos”, además se utiliza en sectores de construcción y manufactura. María Fernanda Piña en [4] también menciona que los especialistas en el año 2020, esperan que las ventas de negro de humo a nivel mundial sobrepasen los 25 billones de dólares.

En Ecuador, el único fabricante de llantas es la empresa Erco Tires que importa esta materia prima de las empresas: Nhumo S.A. de C.V, Cabot, Colombiana S.A, Coal Fillers Inc., Rhodia Silices de Venezuela C.A, esta información la menciona Berrezueta en [5]. El objetivo de la creación de la planta en Ecuador es ser el proveedor de la empresa Erco Tires y eliminar la necesidad de importar negro de humo, convirtiéndonos en los primeros proveedores de esta materia prima en el país, con miras de abastecer a las otras industrias ecuatorianas que lo utilizan y en algún momento exportarlo a otros países de Latinoamérica.

Dentro de nuestro estudio se tomó como referencia la empresa Cabot para entender su proceso de producción y como modelo de diseño las plantas de negro de humo en Colombia e India.

II. METODOLOGÍA

Para el diseño de la distribución de nuestra planta se propuso la metodología de la Fig.1 siendo las condicionantes de

diseño las entradas para la localización y distribución de nuestra planta. A continuación, se explica la metodología que se usó:

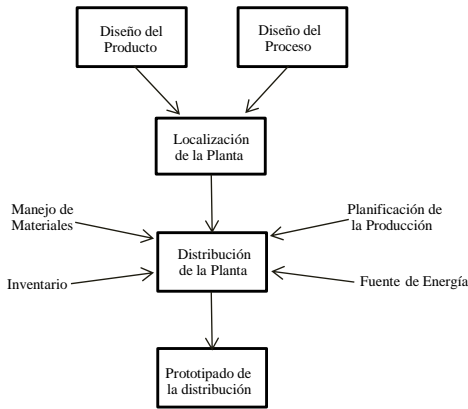


Fig. 1 Metodología del diseño de distribución de la planta, Fuente: Elaboración Propia

1. En el diseño del producto se realizó el estudio de mercado para determinar la demanda y su proyección con datos de la Empresa Erco Tires, mencionados por Peñaherrera en su tesis [6]. Las características del producto y su presentación al cliente se tomaron como referencia a la empresa Cabot [7].
2. El diseño del proceso, se realizó siguiendo el proceso de la empresa Nhumo [8] y la maquinaria elegida fueron modelos importados desde China por la empresa Alibaba [9].
3. La localización se realizó de acuerdo a la tabla que menciona por Gosende en su tesis en [10] eligiendo el Método de Brown & Gibson, citado por Buffa Elwood, S (1981).
4. Para el manejo de materiales se utilizó la ecuación de manejo de materiales que propone Tompkins en [11] y la guía de International Carbon Black Association en [12].
5. La planificación de la producción se realizó para el año 2015, considerando la demanda estable y usando el Plan Maestro de Producción.
6. La simulación del proceso se realizó en el programa Promodel con información de Dhullipali en [13].
7. El sistema de inventario de materia prima se realizó con el modelo EOQ que explica Rlenkotter en [14]
8. El modelo conceptual del uso de gas natural como fuente de energía en el proceso de producción, siguió la tesis de Lozano en [15].
9. Para el diseño de la distribución de la planta se utilizó el método de Planificación sistemática de la distribución de Muther (1973) y el artículo de Mítma en [16]. Para el dimensionamiento del área de la planta se siguió el artículo [17], además se utilizó el Decreto Ejecutivo 2393 “Reglamento de Seguridad y Salud de

los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo y estándares propuestos por Tompkins en [11] para los requerimientos del personal y el sistema de seguridad industrial.

10. La evaluación financiera fue elaborada con el análisis de costos: iniciales, operacionales y depreciación de la maquinaria usando el modelo flujo neto de efectivo con una proyección de 10 años.

III. RESULTADOS

A. Diseño del Producto

1) *Análisis de Mercado:* se analizan los proveedores de materia prima, competidores y la demanda del producto.

Proveedores: las Refinerías de Petróleo están ubicadas en las provincias de Santa Elena, Esmeraldas y Manabí.

Refinería La libertad: se encuentra en la provincia de Santa Elena con 60 años de funcionamiento, con tres unidades de destilación y una capacidad de 26,000 BPD y 10000 BPD.

Refinería Esmeraldas: ubicada en la provincia de Esmeraldas siendo la mayor del país con unos 110,0000 barriles diarios.

Refinería del Pacífico: se encuentra en la provincia de Manabí en construcción con miras a convertirse en un complejo petroquímico con el fin de satisfacer la demanda nacional de combustibles con posibilidad de exportarlos a Asia cuyo continente carece de hidrocarburos.

Competidores: Dentro del mercado nacional no existen competidores directos, sin embargo, en el entorno mundial se menciona a los mayores productores de negro de humo ubicados en Asia-Pacífico y Estados Unidos. Los principales proveedores actuales de Erco Tires son:

- Nhumo
- Cabot, líder mundial.

La producción de estas empresas es de 120,000 toneladas al año. Poseen procesos amigables con el medio ambiente y proporcionan las respectivas seguridades industriales a sus trabajadores, además sus procesos poseen altos estándares de calidad.

Demanda: la Compañía Ecuatoriana del Caucho (ERCO) es el único fabricante de llantas en Ecuador, ubicada en la ciudad de Cuenca. Produce y vende llantas localmente para autos, camiones además abaste a las ensambladoras GM (General Motors), Maresa (Mazda) y Aymesa (Kia).

El resto de su producción según la Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana en [18] la exporta a países de la región como: Colombia, Venezuela, Perú, Bolivia, Chile, Brasil.

Desde el mes de marzo del 2015, según [19] las llantas importadas están gravadas con sobretasas arancelarias del 45% con el fin de disminuir las importaciones y compensar la caída del precio del petróleo. Córdova, responsable de marketing de la empresa Ero Tires afirma “la intención de la compañía es aumentar su producción entre un 20% y un 30% y alcanzar las

2'500.000 unidades de neumáticos al año.”.

El 50% de la materia prima que usa la empresa local es importada, los principales recursos son: químicos y caucho que provienen de Asia, Tailandia y otros países.

2) *Determinación de la demanda.*

La determinación de la demanda inicia analizando el porcentaje de negro de humo en una llanta fabricada por Erco Tires mostrado en la Tabla I y la cantidad producida de llantas presentada en la Tabla II.

TABLA I

PORCENTAJE DE MATERIAS PRIMAS USADAS EN LA FABRICACIÓN DE UNA LLANTA DEL DEPARTAMENTO DE ERCO TIRES

MATERIA PRIMA	PORCENTAJE USADO EN LA PRODUCCIÓN DE UNA LLANTA
Caucho Natural	19%
Caucho sintético	26%
Negro de Humo	23%
Tejidos	9%
Alambres	3%
Aceites	6%
Otros	14%
Total	100%

Fuente: Empresa Erco Tires

TABLA II

PRODUCCIÓN DE LLANTAS DE ERCO TIRES

FRECUENCIA DE PRODUCCIÓN	CANTIDAD DE LLANTAS (KG)
Anual	2500000,00
Mensual	208333,00
Diario	6849,00

Fuente: Elaboración Propia

El peso promedio de cada llanta es de 10 kg, esta información se multiplicó por la demanda diaria de neumáticos, y se obtuvo un resultado de 68490 kg diarios de llantas. Este valor se multiplicó por el porcentaje de negro de humo que contiene una llanta. En la Tabla III se muestra el resultado de negro de humo a producir para satisfacer al cliente.

TABLA III

PRODUCCIÓN DE NEGRO DE HUMO

FRECUENCIA DE PRODUCCIÓN	KILOGRAMOS	TONELADAS
Diaria	15752,7	15,8
Semanal	119786,2	119,8
Mensual	479144,6	479,1
Anual	5749735,5	5749,7

Fuente: Elaboración Propia

Actualmente se estima que el 100% de la demanda del cliente es de 5749,7 toneladas al año de negro de humo. Este

proyecto plantea abastecerlo en un 50% de su demanda. El porcentaje se ha calculado considerando que se trata de un producto nuevo en el mercado nacional y que dicho monto corresponde a la materia prima que dejaría de importar el cliente.

3) *Análisis de proyección de la demanda*

La proyección se realizó a 15 años por las siguientes razones:

- Justificar la compra de maquinaria especializada.
- Evaluar la capacidad de la maquinaria adquirida en los próximos 15 años.
- Evaluar el tiempo de vida de una llanta

Según la NHTSA (National Highway Traffic and Safety Administration) la calidad del producto se puede evaluar en el tiempo de vida de una llanta el cual se mide por kilómetros recorridos.

Un estudio del envejecimiento determinó que las llantas se consideran viejas entre los 6 a 10 años como promedio. De acuerdo a la investigación realizada por Tyre Industry Council de Gran Bretaña, la edad afecta a los materiales que la componen, haciendo que se sequen, pierdan adhesión y se separen. Este proyecto propone un incremento del porcentaje de la demanda cada 5 años, tiempo en el que el cliente puede evaluar la calidad de producto, realizando los estudios correspondientes de resistencia y durabilidad de una llanta.

TABLA IV

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DEL NEGRO HUMO

AÑO	TASA DE CRECIMIENTO	DEMANDA (TN)
0		2875
1	3%	2961
2	3%	3050
3	3%	3142
4	3%	3236
5	3%	3333
6	15%	3833
7	15%	4408
8	15%	5069
9	15%	5829
10	15%	6704
11	30%	8715
12	30%	11329
13	30%	14728
14	30%	19146
15	30%	24890

Fuente: Elaboración Propia

Las tasas de crecimiento de la Tabla IV corresponden a los siguientes valores: 3% representa un valor mínimo inferido de acuerdo a la inflación, mientras los valores de 15% y 30% corresponden al crecimiento de la producción de llantas que

estima ERCO TIRES. La demanda proyectada a 15 años será de 24,890 toneladas de negro de humo.

4) *Características del producto*

La apariencia física del producto es carbón en forma de gránulo fino. En el proyecto se propone obtener dos tipos de grados de negro de humo: reforzado y semireforzado. Los usos de los grados se presentan en la Tabla V.

TABLA V

TIPOS DE PRODUCTOS DE NEGRO DE HUMO SEGÚN SUS GRADOS DE LA EMPRESA NHUMO

GRADO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Reforzado	Tamaño de partículas pequeñas y buena resistencia	Llantas, bandas transportadoras Tintas, suelas para calzado
Semireforzado	Tamaño de partículas medianas, brinda al elastómero donde se incorpore, un refuerzo moderado y alta resistencia.	Parte lateral de llantas, mangueras impermeabilizantes

Fuente: Libro "Carbon Black"

Producto Terminado: el tamaño estará entre 10-500 um (milésima parte de un milímetro). De acuerdo al tamaño que requiera el cliente se le asignará el precio.

Presentación del producto terminado y envío: se tendrán dos formas de presentación que son al granel y en sacos. Adicionalmente se tendrán dos formas de distribución mostrados en la Tabla VI.

TABLA VI

PRESENTACIÓN DE PRODUCTO FINAL Y FORMA DE DISTRIBUCIÓN

PRESENTACIÓN	FORMA DE DISTRIBUCIÓN	CAPACIDAD
Granel	Camión silo	20 A 25 Toneladas
Sacos	Camión lona	

Fuente: Elaboración Propia.

B. *Diseño del Proceso*

El diseño del proceso abarca desde la materia primas y equipos necesarios hasta el proceso de producción.

Materia Prima

- Aceite Aromático
- Gas natural
- Agua
- Aire

Equipos para el proceso de producción

- Pre calentador de aceite
- Reactor de Pirolisis
- Filtros de bolsas
- Pre calentador de aire
- Secador rotatorio
- Peletizadora
- Silo de almacenamiento del producto.

- Caldera de calor residual
- Enfriador de caldera
- Sistema de llenado de súper sacos

Descripción del proceso de producción: Existen 3 métodos para la producción de negro de humo. Para nuestro estudio se ha escogido el método de horno.

Método de Horno: En la actualidad es el proceso más usado para obtener negro de humo con una alta calidad. El proceso empieza soplando aceites de petróleo o carbón como materia prima en gases de alta temperatura para quemarlos parcialmente. Este método es el apropiado para la producción en masa, debido a su alto rendimiento permitiendo un alto control sobre las propiedades, tamaño o estructura de las partículas. En la Fig. 2 se presenta el proceso que realiza la empresa Nhumo. Este proceso utiliza aceites aromáticos, estos entran en el pre-calentador para alcanzar una temperatura necesaria en ausencia del oxígeno y luego se dirige a un reactor donde se realiza el proceso químico conocido como "pirolisis" del aceite decantado a altas temperaturas. Este aceite se atomiza en una corriente de gas caliente y se vaporiza, luego pasa a la fase de vapor y se transforma en partículas microscópicas, controlado por esperado de agua o vapor. Las partículas obtenidas son transportadas al filtrador de bolsas donde se enfría y se coloca para luego llegar a la peletizadora que lo convierte en gránulos. Finalmente, estos gránulos son secados y ubicados en los silos de almacenamiento antes de su distribución.

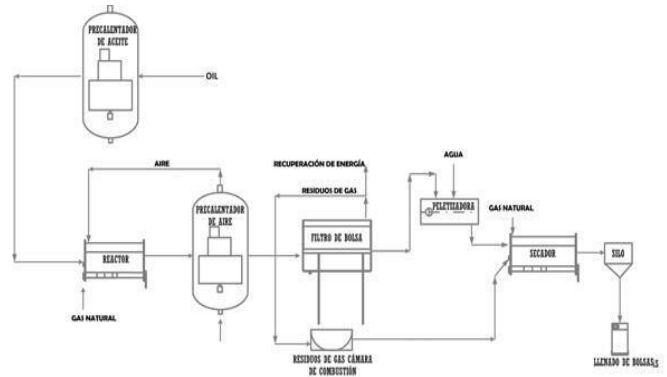


Fig. 2 Proceso de producción de negro de humo
Fuente: Empresa Nhumo

C. *Localización*

1) *Macro-localización*: considera varios aspectos como cercanía de clientes y proveedores, costos y disponibilidad de mano de obra, terrenos, materia prima y energía. Los puntos para determinar nuestra macro localización se basan en:

- Ubicación de nuestros proveedores de materia prima.
- Ubicación y demanda de nuestros clientes.
- El tipo de transporte para la materia prima y distribución de productos terminado. En base al cliente y proveedores, las provincias a analizar son: Manta y Cuenca.

2) *Micro-localización y método de localización:* En la ciudad de Manta se analizó dos lugares fuera del área urbana, Vía Manta-Rocafuerte y Vía a San Mateo. En la ciudad de Cuenca empresarios y representantes estatales coinciden que actualmente el Parque Industrial de la ciudad está saturado, por tal motivo se ha ubicado el Eco parque Industrial de Chaullayacu que cuenta con 7,5 hectáreas destinadas para pequeñas y medianas empresas ubicado a 5 kilómetros de nuestro cliente.

Citando a Buffa Elwood, S (1981), sobre la clasificación de métodos para determinar la localización de una planta, recomienda usar el método de Brown&Gibson que evalúa factores objetivos y subjetivos para proyectos iniciales.

Factores Objetivos

- Costo de transporte de materia prima desde las refinerías.
- Costo de transporte de producto terminado.
- Costo de mano de obra

La Tabla VII muestra las posibles localizaciones y el resultado final de la evaluación de los factores objetivos (FO) desde cada una las refinerías:

- Refinería Esmeralda (1)
- Refinería del Pacífico (2)
- Refinería la Libertad (3)

TABLA VII
RESULTADOS DE LOS VALORES RELATIVOS DE LAS TRES
POSIBLES LOCALIZACIONES PARA CADA REFINERÍA

LOCALIZACIÓN	FO (1)	FO (2)	FO (3)
Vía Manta-Rocafuerte	0,333	0,344	0,321
Vía, San Mateo	0,327	0,347	0,312
Cuenca, Eco parque	0,340	0,309	0,368

Fuente: Elaboración Propia

Los factores subjetivos analizados fueron: impacto social, mano de obra especializada y clima. Se calculó los valores de los factores subjetivos y se determinó un peso para cada factor. Luego cada localización se ordenó de forma jerárquica en función de cada factor subjetivo. Luego se combinó el peso del factor con su condición jerárquica. Finalmente calculó la medida de preferencia de localización (MPL) con la siguiente ecuación:

$$MPL_i = k \times FO_i + (1-k) \times FS_i \quad (1)$$

Los factores objetivos fueron tres veces más importantes que los subjetivos. Este criterio consideró al transporte como el mayor gasto para la empresa, con un valor de $k=0,75$. En la Tabla VIII, se muestran los resultados.

TABLA VIII
RESULTADOS DE LOCALIZACIÓN

LOCALIZACIÓN	ML (1)	ML (2)	ML (3)
Vía Manta-Rocafuerte	0,349	0,357	0,339
Manta, Vía San Mateo, frente a la Unidad Educativa Manabí	0,302	0,317	0,291
Cuenca, Polígono Industrial Eco parque Chaullayacu	0,349	0,326	0,370

Fuente: Elaboración Propia

Se escogió el mayor valor de MPL de los tres escenarios de refinerías mencionadas anteriormente, este valor ubicó a la planta en la ciudad de Cuenca en el Erco-parque Industrial Chaullayacu, El complejo es totalmente nuevo, hasta el 2015 existían 60 lotes con un total de 39557.52 m². Las obras impulsadas por la Empresa de Desarrollo Económico, están concluidas al 100%, correspondiente a infraestructura hidrosanitaria, muros, veredas, bordillos, ducterías telefónicas y se prevé que se instalen empresas de bajo impacto ambiental categoría A y B.

D. Manejo de Materiales

Un manejo eficiente del flujo de materiales a lo largo de la línea de producción influye directamente en los recursos de transporte y almacenamiento. En este proyecto se analizó el manejo de materiales para la materia prima y almacenamiento del producto terminado, no se consideró el producto de la línea por ser un proceso de flujo continuo.

La materia prima y producto terminado debe cumplir con ciertos requerimientos de manejo, almacenamiento y control de materiales.

El aceite aromático proviene de la Refinería La Liberta. Para su descarga el transportista presenta una hoja de seguridad del producto (MSDS), el cual debe evitar el contacto con el agua y el calor, además el área de almacenamiento debe proveer de ventilación adecuada.

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos simples, existen dos formas de transportarlo, por gasoductos o en forma de gas licuado en tanqueros.

El producto terminado conocido como “negro de humo” debe evitar contacto con la piel y ojos de las personas. Se debe controlar la concentración de producto en el aire en lugares donde se lo manipule, además se debe almacenar en un lugar alejado de fuentes de ignición y oxidantes fuertes.

La cantidad de producto terminado que se va a transportar en la planta se definió de acuerdo al concepto de carga unitaria. La carga unitaria será de dos tipos:

1. Supersacos de 500 Kg.
2. Supersacos de 1000 Kg.

TABLA IX
ECUACIÓN DE MANEJO DE MATERIALES

Materiales	¿QUÉ?	¿DÓNDE?	¿CUÁNDO?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?
Materia Prima	Gas Natural	Tanque de almacenamiento GLP de 120 m ³	Llegada de camión de refinería	Tuberías desde camión a tanques	Operario de recepción de materia prima
	Aceite Aromático	Tanque de acero dulce de 100 m ³			
Producto terminado	Negro de humo	Área de almacenamiento	Culminado el llenado en súper sacos	En pallets por medio de transpaletas o montacargas	Operario de turno en llenado de las bolsas o montacarguista

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla IX se utilizó la ecuación de manejo de materiales y se determinó el manejo de la materia prima y carga unitaria del producto terminado. En la Tabla X se presenta los medios de transporte para el traslado de los materiales.

TABLA X
MEDIOS DE TRANSPORTE PARA MANEJO DE MATERIALES

MATERIALES	CAPACIDAD DE CARGA	MEDIO DE TRANSPORTE
Aceite- Gas natural	1500 kg	Camión de cisterna líquida
Negro de humos en súper sacos	500 kg	Transpaleta ergonómico
	1000 kg	Montacarga de clase 1-contrabalanceados

Fuente: Elaboración Propia

F. Planificación de las líneas de Producción

Una buena planificación de producción nos permite cumplir con los requerimientos del cliente y gestionar el flujo de materiales con el objetivo de obtener un eficiente manejo de capacidades en nuestra planta y con los proveedores. En la Tabla XI mostrada en Anexos se presenta un PMP para la producción total de grados reforzados y semireforzados.

Supuestos:

- Inventario Inicial y PMS. – representa la cantidad de un mes de producción, dato obtenido de la simulación.
- Órdenes. – la cantidad de ordenes se determinaron de acuerdo al número de llantas pertenecientes a los vehículos livianos, buses y camiones vendidos en Ecuador en el año 2014, además de los vehículos que necesitaban cambio de llantas y exportados a Colombia. El valor total obtenido se multiplicó por el 23% para obtener la cantidad de negro de humo.
- Pronóstico. - obtenido del pronóstico de demanda.

G. Simulación del proceso de producción

El objetivo de la simulación es poder satisfacer la demanda de nuestro cliente y la evaluar la capacidad de nuestra maquinaria adquirida.

El proceso de este proyecto fue simulado en el programa Promodel y se convirtió el flujo continuo en unidades discretas.

1. Definir las entidades: aceites aromáticos, aire, agua, gas natural, negro de humo y gránulos de negro de humo.
2. Definir las locaciones: las bodegas de aceite aromático, aire, agua, gas natural y maquinaria del proceso mostrada en la Tabla XI
3. Arribos: las cantidades de entidades correspondiente a materia prima que ingresan al sistema, se muestran en la Tabla XI.

Para la simulación del proceso se crearon bodegas artificiales para el arribo de materia prima con el objetivo de facilitar la programación del modelo. Cada una de ellas se posee una capacidad de 140 toneladas que corresponden al mayor espacio requerido correspondiente al aceite aromático. El silo de almacenamiento del producto final se definió con una capacidad de 100 toneladas.

TABLA XII
LOCACIONES EN LA SIMULACIÓN

MÁQUINA	CAPACIDAD	TIEMPO DE PROCESO (seg)
Recalentador de aceite	150 T/h	2
Reactor	150 T/h	1
Precalentador de aire	150 T/h	2
Filtro de bolsas	150 T/h	300
Peletizadora	150 T/h	480
Secador	150 T/h	540

Fuente: Resultados del Simulador Promodel

TABLA XIII
ARRIBOS PARA LA SIMULACIÓN

MATERIA PRIMA	T/h	T/d
Aceite	0,825	19,80
Gas Natural	0,173	4,15
Agua	3,428	82,28
Aire	4,806	115,33

Fuente: Datos de Simulación de Dhullipalli

Los arribos de la materia prima de la Tabla XIII se obtuvieron de la tesis de Dhullipalli en [13], con modificaciones para transformar a unidades de masa en el sistema métrico.

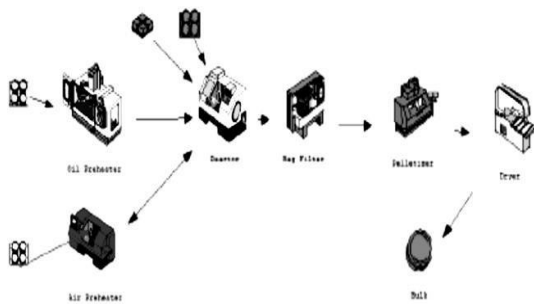


Fig. 4. Layout del proceso simulado
Fuente: Simulador Promodel

En la Fig. 4. Se muestra la distribución del proceso, el tiempo de corrida del modelo fue de 24 horas y se realizó la prueba piloto con 30 réplicas y se obtuvo la desviación estándar y el tiempo de ciclo.

$$n = \left(\frac{z_{\alpha/2} \frac{s}{\bar{x}}}{1 + Re} \right)^2 \quad (2)$$

Con la ecuación (2) se determinó 4 réplicas, pero se usaron 30 réplicas y se obtuvieron los siguientes resultados para un día de producción:

TABLA XIV
RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

ENTRADA	TEÓRICO ESPERADO PARA LA SIMULACIÓN	VALORES OBTENIDOS EN LA SIMULACIÓN
MATERIA PRIMA	T/d	T/d
Aceite	19,80	24
Gas Natural	14,15	24
Agua	82,28	96
Aire	115,33	120
OUTPUT	9,62	12,23

Fuente: Datos obtenidos en Simulador Promodel

H. Control de Inventario de Materia Prima

Según (Taha,2005, p.560) “los inventarios están relacionados con el mantenimiento de cantidades suficientes de bienes que garanticen una operación fluida en un sistema de producción o en una actividad comercial”. En el proyecto se analizó la materia prima para evitar que

el reactor se quede sin ser abastecido. Para analizar el comportamiento de la demanda se tomaron datos de la Superintendencia de Compañía y Valores desde el año 2011 al 2015 de Erco Tires y se utilizó la siguiente ecuación para determinar la variación de la demanda.

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (3)$$

Con la Ecuación (3) se determinó una variación del 4%, así lo plantean Héctor Sandoval y Pedro Mongua en su proyecto de graduación para determinar un sistema de inventario para una distribuidora.

El sistema de inventario se lo realizó con el modelo de cantidad fija de pedido ya que nuestros productos son críticos y su vigilancia debe ser rigurosa. Se determinó el punto de emisión del pedido (ROP) y la cantidad económica de pedido (Q^*) mediante las siguientes ecuaciones:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * D * S}{I * C}} \quad (4)$$

$$ROP = d * LT \quad (5)$$

El lead time se estimó:

- Agua: 1 día para llenar el reservorio
- Aceite Aromático: 3 días para que el camión llegue a la planta desde Santa Elena.
- Gas Natural: 3 días para que la empresa proveedora complete el envío total y se cumpla el proceso de regasificación.

TABLA XV
RESULTADOS DE SISTEMA DE INVENTARIO PARA MATERIA PRIMA

MATERIA PRIMA	PUNTO DE EMISIÓN DE PEDIDO (TN)	Q^* (TN)
Aceite	75	252
Gas natural	72	3395
Agua	96	16825

Fuente: Datos obtenidos en Simulador Promodel

I. Fuente de Energía

El gas natural es una mezcla de gases de hidrocarburos livianos que se lo encuentra en yacimientos en el subsuelo. Se lo encuentra asociado con el petróleo, pero también se lo encuentra en estado libre. Alrededor del mundo hay yacimientos en Canadá, Colombia, Perú y en Ecuador. Es un combustible y compite con las demás formas de energía reemplazándolas en un 80%, además es menos contaminante que otros combustibles.

En Ecuador, la posibilidad de transportar el gas natural a grandes distancias abrió muchas oportunidades de incorporarlo a la industria y utilizarlo en reemplazo del gas obtenido en la refinación del petróleo.

En Ecuador su yacimiento se encuentra en el campo “Amistad” con una reserva de 600 millones de m³ y es manejada por la empresa EP de Petro-Ecuador.

El Poliducto Pascuales – Cuenca crea la posibilidad de enviar gas natural desde Bajo Alto, ubicado en Machala a la ciudad de Cuenca evitando una emisión de 2700 m³ de CO₂ al ambiente.

En Ecuador, solo existen dos empresas ubicadas en la provincia del Azuay que son Graiman Y Edesa que poseen una planta de gasificación para su abastecimiento.

Este proyecto propone un sistema de regasificación del gas natural licuado.

1) Sistema de Suministro de Gas natural para nuestra Planta de Negro de Humo.

El gas natural es una de nuestras principales materias primas dentro de nuestro proceso, para lo cual se plantea el siguiente proceso:

- Proveedor: estatal EP Petroecuador
- Recepción de gas natural licuado en la planta: se descarga por medio de tuberías a un tanque de almacenamiento descrito anteriormente.
- Proceso de Regasificación: consiste en llevar el gas natural licuado a su estado original y se necesitan los siguientes equipos:
 - Equipo de vaporización
 - Sistema de regulación
 - Sistema de odorización
 - Sistema de control y funcionamiento de la PSR.

2) Diseño y capacidad del sistema de distribución de gas natural

El consumo diario de gas natural para alimentar al proceso de producción fue de 24 toneladas, dato obtenido de la simulación del proceso. El consumo energético de la planta se calculó con un valor de 30% adicional de las 24 toneladas del proceso productivo.

Para la demanda del Eco Parque se escogió el valor de 46,62 toneladas según [15], la Tabla XVI presenta la demanda estimada diaria en 77,82 toneladas al día y 17016 toneladas al año.

TABLA XVI
DEMANDA ESTIMADA DE GAS NATURAL
PARA EL SISTEMA DE GASIFICACIÓN

INDUSTRIA	DEMANDA (TON/DÍA) ESTIMADA
Planta de negro de humo	31,2
Industria del Eco Parque	46,62
TOTAL	77,82

Fuente: Elaboración Propia

Se efectuó una proyección de la demanda estimada con una tasa de crecimiento del 9,6%, [Dato del Ministerio de sectores estratégico del Ecuador] y una proyección del 3% para la demanda interna de la planta. Con un total de 40112 toneladas para el año 2020.

Ubicación dentro de la planta: se requiere un área aproximada de 85 m², estará ubicada en área de bodega de materia prima que contiene 100 m² con un túnel de 54 m² donde se ubicarán las tuberías para la distribución del gas en la planta y a las plantas del parque. En la Fig. 5 se muestra el sistema de regasificación que se planteó ubicar en la planta

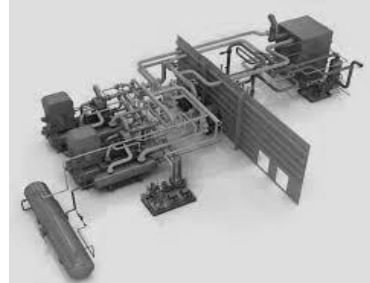


Fig. 5. Distribución del sistema de regasificación de gas natural en la planta de negro de humo

Fuente: Página Wartsila

J. Selección, justificación y evaluación de la distribución

La planificación departamental involucra áreas de producción, soporte, administración y servicio. Según [11] la matriz “clasificación de la distribución según su volumen, variedad” y la tabla de planificación departamental se determinó que nuestra distribución estará orientada al producto. Para el desarrollo de la distribución de la planta se utilizó el método de Planificación Sistemática de la Distribución de Muther con el cual se evaluó la relación entre departamentos de forma cualitativa y cuantitativa. Se presentan las siguientes áreas para la planta:

1. Recepción de Materia Prima (RMP)
2. Bodega de Materia Prima (BMP)
3. Producción y Mantenimiento (PROD)
4. Producto Terminado (BPT)
5. Bodega de insumos (BINS)
6. Bodega de Limpieza (BLIMP)

7. Administrativa (ADM)
8. Comedor (COM)
9. Transformadores (TRAN)
10. Baños y vestidores (B&V)
11. Parqueaderos (PARQ)
12. Distribución (DIST)
13. Calidad (QA)
14. Manejo de Residuos (MD)

Luego de la evaluación del flujo entre áreas se realizó la representación nodal para tener una visualización general de cómo se ubicarán los departamentos y se determinó el requerimiento de espacio para cada área de acuerdo a los reglamentos de seguridad del país, norma INEN y según [11] los estándares del libro “Facilities Planning”. El área total necesaria fue de 6290 m².

Finalmente se realizó el diagrama de relaciones de espacio y se propusieron cuatro alternativas de distribuciones las cuales fueron evaluadas con la medida de efectividad [11] del diseño en base a las distancias rectilíneas entre departamentos. La Fig. 6 presenta la distribución de la planta seleccionada.

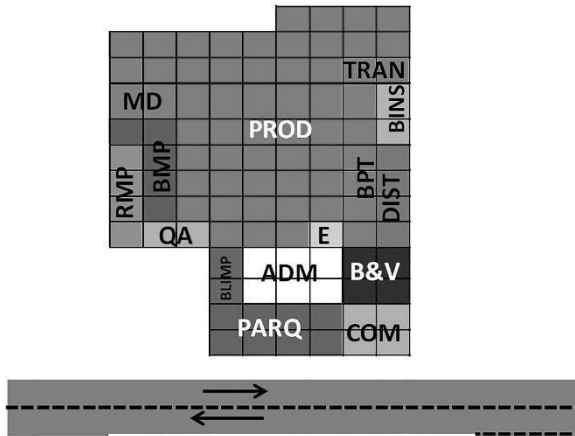


Fig. 6. Distribución seleccionada de la distribución de la planta
Fuente: Elaboración Propia

El área de producción de la planta mide 5000 m² y es un espacio abierto por lo tanto con el mismo procedimiento del área general de la planta se analizó solo la ubicación de las siguientes áreas mencionadas que ocuparán solo 2000 m²

1. Maquinaria
2. Pallets Vacíos (PL)
3. Montacargas y Transpaletas (M&T)
4. Oficinas de Producción (OP)
5. Mantenimiento (M&M)

En la Fig. 7 se presenta la propuesta seleccionada del área de producción, quedando disponible 3000 m² para otra línea de producción.

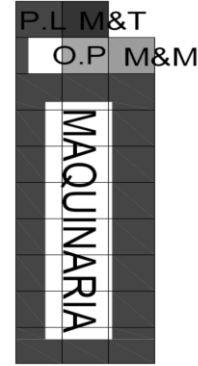


Fig. 7. Distribución seleccionada del área de producción
Fuente: Elaboración Propia

En el área administrativa tiene 215 m² y se encuentran las siguientes áreas:

1. Gerencia General (GG)
2. Gerencia de Producción (GP)
3. Gerencia Calidad (GC)
4. Recursos Humanos (RRHH)
5. Finanzas, ventas & marketing (F)
6. Seguridad y salud ocupacional/Medio Ambiente (SSO)
7. Departamento de sistemas (DS)
8. Recepción (RE)
9. Área de copiado (CO)
10. Bodega de limpieza (BL)
11. Baños (B)
12. Sala de Reuniones (SR)
13. Cafetería (CA)

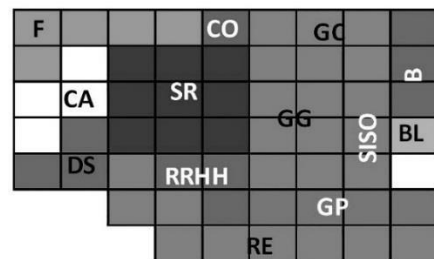


Fig. 8. Distribución seleccionada del área administrativa
Fuente: Elaboración Propia

La distribución de la planta con todas las propuestas presentadas se diseñó en el programa AutoCAD y se muestra en la Fig. 8 ubicada en Anexos. En esta se visualiza el área total de la planta y las líneas son el recorrido del proceso de la producción desde que llega la materia prima hasta que se distribuye.

J. Análisis financiero

Para el análisis financiero se consideraron los costos iniciales y costos operacionales. Los costos iniciales fueron:

- Adquisición del terreno y construcción de la planta.
- Adquisición de Maquinaria
- Adquisición de mobiliario, suministros, equipos de computación, camiones y vehículos

Los costos operacionales más representativos para el diseño fueron:

- Costo de producción: costo de materia prima necesaria para la elaboración del producto
- Sueldos: salarios de todo el personal (96 personas) en el año, que trabajan tres turnos y además los beneficios sociales.
- Publicidad y mantenimiento: conforme al paso de los años va en aumento.

El financiamiento se realizó con un préstamo al Banco Bolivariano de \$365.995 para activo fijo y \$70.000 para capital de trabajo con el 11,18% de interés, además se consideró la depreciación de la maquinaria, equipo de computación, camiones, vehículos y mobiliario. Teniendo como resultado un flujo neto de efectivo positivo con una proyección de diez años.

IV. CONCLUSIONES

La industria petroquímica es un sector a explotar, debido a su protagonismo el cambio de la matriz productiva, el negro de humo que se obtiene en esta industria es un producto con grandes ventas a nivel mundial. La construcción de la planta productora de negro de humo ayudaría al desarrollo del país importando menos y generando más tasas de empleo.

La planta productora de negro de humo estará ubicada en el Eco Parque Chaullayacu en la ciudad de Cuenca, por lo tanto debe cumplir con requisitos ambientales vigentes lo que nos obliga a que nuestro proceso productivo sea lo más amigable con el medio ambiente.

El diseño del prototipo de distribución de la planta cumple con reglamentos de seguridad industrial y ergonómicos prestando atención a los procesos químicos que requiere alta atención del factor humano para así evitar accidentes y enfermedades profesionales.

La propuesta de un sistema de regasificación en la planta propone una fuente limpia de energía con mira a abastecer no solo al proceso productivo de la planta sino además a las empresas dentro del Eco Parque.

El análisis económico demuestra que los ingresos superan a los egresos en todos los años generando utilidades, aunque sus costos de mantenimiento y compra de máquinas sean altos.

V. REFERENCIAS

- [1] Senplades, Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017, Quito , 2013.
- [2] Cevallos, «Correa dice que el mundo nos "ha fallado" y que explotará el Yasuní,» La República, 2013.
- [3] R. C. B.-J. W. Jean Baptiste Donnet, Carbon Black, New York: Marcel Dekker, Inc., 1993.
- [4] M. A. Piña, «El brillante futuro del negro de humo,» SLTCAUCHO, n° 9, 2016.
- [5] P. M. A. Berrezueta, «Reingeniería de los planes de control en ERCO basada en la técnica del Amef,» Cuenca , 2010.
- [6] P. A. Peñaherrera, «Aplicación de la herramienta de single minute exchange of die (SMED) en el proceso de extrusión de la planta de preparación de la empresa Continental Tire Andina S.A,» Cuenca, 2013. [7] C. Corporation, «Cabot,» [En línea]. Available: <http://www.cabotcorp.com/>. [Último acceso: 6 Agosto 2015].
- [8] D. G. Ing. Mario A. Suro Rodríguez, «Casos de éxito: Reducción y sustitución de combustibles fósiles - NHUMO,» 19 Julio 2001. [En línea].
- [9] Alibaba Group, «Alibaba.com Global trade starts here,» 4 Abril 1999. [En línea]. [Último acceso: 1 Agosto 2015].
- [10] I. P. A. P. Gosende, «Métodos de localización de instalaciones de producción y servicio,» Matanzas, Cuba, 2007.
- [11] J. Tompkins, Facilities Planning, Hoboken, New Jersey: Wiley, 2010.
- [12] ICBA, «International Carbon Black Association,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.carbon-black.org/index.php/carbon-blackuses/carbon-black-user-s-guide>. [Último acceso: 29 Julio 2015].
- [13] S. B. Dhulipalli, «Modelling of oil furnace black manufacturing process using Aspen,» Ohio, 1990.
- [14] D. Rlenkotter, «Investigación de Operaciones,» Ford Whitman Harris and the Economic Order Quantity Model, 1990.
- [15] I. M. F. L. Lozano, «Explotación del gas natural en el sector fabril del parque Industrial de Cuenca,» Cuenca, 2014.
- [16] J. V. C. M. H. G. Jorge Inche Mitma, «Diseño y evaluación de una planta de reciclaje de envases de Tetra pak a pequeña escala,» Publicado en Virtual Pro, Mayo 2005, 2004.
- [17] N. publicado, «Profile on the production of Carbon Black,» p. Etiopia, 2012.
- [18] Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana, «Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.cinae.org.ec/index.php/cinaeadmin/emp-afi/16-continentaltire-andina-s-a>. [Último acceso: 24 Agosto 2015].
- [19] P. Baquerizo, «Desde hoy, 2008 subpartidas serán gravados con sobretasas arancelarias de entre el 5% al 45%,» La Verdad, 2015.

VI. AGRADECIMIENTOS

A todos los que revisaron y dieron sus comentarios y críticas al texto, logrando así una retroalimentación del trabajo y la entrega de este considerando los cambios sugeridos.

