

Universidad Acción Pro Educación y Cultura



Decanato de Ingeniería e Informática
Escuela de Ingeniería

Tesis de Grado para Optar por el Título de:
Ingeniero Industrial

Propuesta de estrategias de Producción más Limpia (PmL) para mejorar la eficiencia de materiales y consumo energético en la línea de fundas de cemento de Industrias Nigua.

Sustentantes:

Br. Emilio Disla Pol	2008-1567
Br. Gissele Soto Durán	2009-1567
Br. Natalia Pérez del Castillo	2009-1857

Asesor:

Prof. Fernando López, M.Ed.

Distrito Nacional
República Dominicana
Julio 2013

Resumen

Industrias Nigua S.A. (Indusnig) es una empresa de la República Dominicana, dedicada a la manufactura de productos cuya materia prima principal es el papel. Cuenta con 6 líneas de producción, donde la de fabricación de fundas de cemento es una de las más antiguas.

A través de los años Industrias Nigua ha ido agregando más productos a su catálogo, lo cual ha ido provocando la introducción de un mayor número de líneas al negocio, que al final ha terminado en el descuido de lo que son sus líneas más antiguas, como es el caso de la línea de fundas de cemento, la cual ha generado desperdicios de materia prima de manera constante, además de otros problemas como es el sistema de iluminación de la línea, por lo que la problemática que se quiere resolver es la falta eficiencia del proceso de producción y consumo energético, relacionado con la iluminación, en la línea de fundas de cemento de Industrias Nigua.

La solución a esta problemática es la aplicación de la metodología de Producción más Limpia, a partir de la ejecución técnica de los siete pasos, cada uno de estos está correlacionado entre si y dependen de un proceso sistemático de implementación.

Fue elaborada una propuesta de aplicación de Producción más Limpia orientada a mejorar la eficiencia del consumo de materiales y de energía eléctrica en la línea de producción de fundas de cemento de Industrias Nigua.

Los resultados muestran que se espera un beneficio económico estimado de RD\$ 13,336,370.88 por año (reducción de un 66.4%) y como beneficio ambiental se espera evitar el desperdicio de 281,070.44 kilogramos de papel por año (reducción de un 66.4%). En lo que a energía eléctrica se refiere, se estima un beneficio económico mínimo anual de RD\$ 318,399.69 (reducción de un 39.5%) y un beneficio ambiental mínimo anual de 18.68 toneladas de dióxido de carbono (reducción de un 4.3%). La opción de evaluar el sistema de generación auxiliar no se estimó debido a que la relación costo-beneficio no es técnicamente factible para el consumo de combustible del generador observado, que estaba trabajando en baja capacidad, cerca del 17% de su carga.

Los indicadores estimados son: 0.98 Kg producción teórica/Kg producidos real; 81.1 KWh/ton producida; 0.02 Kg de desperdicio/Kg producción real.

Agradecimientos

A Dios:

Por crearnos y darnos las herramientas necesarias para desarrollarnos.

A nuestros padres:

Porque con su amor y su apoyo incondicional hemos podido culminar nuestros estudios universitarios y porque sus sabios consejos nos han guiado en la responsabilidad y el compromiso que eso significa.

A nuestros hermanos:

Por acompañarnos día a día en nuestras labores y sentimientos.

A nuestro asesor, Fernando López:

Por aportarnos todos sus conocimientos y guiarnos a lo largo del desarrollo de este importante proyecto con el cual culmina una importante fase de nuestros estudios.

A nuestros profesores:

Por todo lo que nos enseñaron, pero sobre todo la forma en que lo hicieron.

A nuestros compañeros de carrera:

Por todos esos días de estudios, de nervios, pero sobre todo por aquellos días de comprensión y de apoyo, más aún por su gran amistad.

A Industrias Nigua:

Por facilitarnos siempre toda la información que fuimos necesitando mientras elaborábamos este trabajo.

Tabla de Contenido

RESUMEN	2
AGRADECIMIENTOS	4
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	12
ÍNDICE DE GRÁFICAS	13
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I - GENERALIDADES DE LA EMPRESA	18
2.2.1- HISTORIA DE LA EMPRESA	18
2.2.2- MISIÓN, VISIÓN Y VALORES.....	19
MISIÓN.....	19
VISIÓN	19
VALORES.....	20
2.2.3- POLÍTICA DE CALIDAD.....	20
2.2.4- UBICACIÓN Y TERRENO.....	21
2.2.5- ORGANIGRAMA.....	22
2.2.6- LÍNEAS DE PRODUCTOS	23
CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO	26
2.1.1- HISTORIA DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	26
2.1.2- DEFINICIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	30
2.1.3- ANTECEDENTES DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA REPÚBLICA DOMINICANA.....	33
2.4- METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTAR PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	37
CAPÍTULO III - SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	43
3.1- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA LÍNEA DE FUNDAS DE CEMENTO DE INDUSTRIAS NIGUA	43
3.1.1- Consumo de Materiales	46
3.1.2- Consumo de Energía.....	52
3.1.2.1- Energía Eléctrica	54
Factor de Potencia	57

Factor de Carga	59
Luminaria	62
3.1.2.2- Combustible	78
CAPÍTULO IV - PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (PML).....	80
4.1- CONSUMO DE MATERIALES	80
Implementación	81
Procedimiento	81
Justificación	82
Inversión	82
Factibilidad Técnica	82
Factibilidad Económica	83
Factibilidad Ambiental	83
4.2- CONSUMO DE ENERGÍA.....	83
4.2.1- Energía Eléctrica	83
4.2.1.1- Opción Factor de Carga.....	84
Procedimiento	84
Justificación	84
Factibilidad técnica	84
Factibilidad económica.....	85
Factibilidad Ambiental	85
4.2.1.2- Opción Luminaria.....	85
4.2.1.2.1- Alternativa 1	87
Implementación	87
Procedimiento	91
Justificación	93
Inversión	101
Factibilidad Técnica	102
Factibilidad Económica	103
Factibilidad Ambiental	104
4.2.1.2.2- Alternativa 2	104
Implementación	104
Procedimiento	106
Justificación	107
Inversión	108
Factibilidad Técnica	109
Factibilidad Económica	109
Factibilidad Ambiental	110
4.3- RESULTADOS GENERALES.....	111
4.3.1- Resumen de opciones, ahorro potencial de la empresa.....	111
4.4- INDICADORES DE DESEMPEÑO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	112
CONCLUSIONES	114
RECOMENDACIONES	116
BIBLIOGRAFÍA	119

GLOSARIO 124

ANEXOS 126

ANTEPROYECTO	126
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE LA LÍNEA DE FUNDAS DE CEMENTO.....	148
COTIZACIONES	149

Índice de Tablas

Tabla I: Distribución del terreno de las líneas de producción de Industrias Nigua	21
Tabla II: Especificaciones de las tubadoras y las bottomers en la LCI.....	43
Tabla III: Indicador del consumo de papel (Kg/Kg) de la LCI.....	47
Tabla IV: Porcentaje de desperdicio de papel por período.....	49
Tabla V: Análisis del costo de desperdicio promedio de la LCI	51
Tabla VI: Consumo de KWh por período en Industrias Nigua	54
Tabla VII: Consumo de KWh de la LCI por período en Industrias Nigua	56
Tabla VIII: Luminaria de Tubos Fluorescentes 240 cm, 110 V, 75 W, x2	65
Tabla IX: Luminaria de Tubos Fluorescentes 120 cm, 110 V, 40 W, x4.....	66
Tabla X: Luminaria de Tubos Fluorescentes 120 cm, 110 V, 20 W, x2.....	67
Tabla XI: Luminaria de Tubos Fluorescentes 120 cm, 110 V, 40 W, x2.....	67
Tabla XII: Metal Halide 220 V, AC, 250 W, 1 Bombillo.....	68
Tabla XIII: Bombillos de bajo consumo 220 V, AC, 150 W.....	68
Tabla XIV: Bombillos de bajo consumo 220 V, AC, 200 W	69
Tabla XV: Datos generales para evaluación.....	71
Tabla XVI: Cálculo de Consumo Energético, Luminaria de 2 Tubos Fluorescentes 110 V, 75 W	72
Tabla XVII: Cálculo de Consumo Energético, Luminaria de 4 Tubos Fluorescentes 110 V, 40 W	73
Tabla XVIII: Cálculo de Consumo Energético, Luminaria de 2 Tubos Fluorescentes 110 V, 20 W	74
Tabla XIX: Cálculo de Consumo Energético, Luminaria de 2 Tubos Fluorescentes 110 V, 40 W	75

Tabla XX: Cálculo de Consumo Energético, Luminaria Metal Halide 220 V, 250 W, 1 Bombillo	76
Tabla XXI: Cálculo de Consumo Energético: Bombillo de Bajo Consumo 220 V, 150 W ..	77
Tabla XXII: Cálculo de Consumo Energético: Bombillo de Bajo Consumo 220 V, 200 W .	77
Tabla XXIII: Sumario de cálculos de Consumos Energético de la LCI	78
Tabla XXIV: Luminaria de Tubos LED T8 120 cm, 110 V, 18 W, x2.....	88
Tabla XXV: Luminaria de Tubos LED T8 120 cm, 110 V, 18 W, x4.....	89
Tabla XXVI: Luminaria de Tubos LED T8 120 cm, 110 V, 9 W, x2.....	90
Tabla XXVII: Bombillos LED, E40, 220 V, 60 W.....	91
Tabla XXVIII: Cálculo de Consumo Energético: Luminaria de 2 Tubos LED TG-T8 110 V, 18 W	94
Tabla XXIX: Cálculo de Consumo Energético: Luminaria de 4 Tubos LED TG-T8 110 V, 18 W.....	95
Tabla XXX: Cálculo de Consumo Energético: Luminaria de 2 Tubos LED T8 110 V, 9 W	96
Tabla XXXI: Cálculo de Consumo Energético: Luminaria de 2 Tubos LED TG-T8 110 V, 18 W.....	97
Tabla XXXII: Cálculo de Consumo Energético: Bombillo LED 220 V, 60 W.....	98
Tabla XXXIII: Cálculo de Consumo Energético: Bombillo LED 220 V, 60 W	99
Tabla XXXIV: Cálculo de Consumo Energético: Bombillo LED 220 V, 60 W	100
Tabla XXXV: Sumario de cálculo de consumo energético de la alternativa 1 de luminaria	100
Tabla XXXVI: Sumario de beneficios de la alternativa 1	101
Tabla XXXVII: Inversión inicial de la alternativa 1 de luminarias	102
Tabla XXXVIII: Cálculo de retorno de inversión de la alternativa 1 de la luminaria.....	103
Tabla XXXIX: Luminaria de Tubos LED T8 240 cm, 110 V, 35 W, x2	105

Tabla XL: Luminaria de Tubos LED T8 120 cm, 110 V, 18 W, x2	106
Tabla XLI: Cálculo de Consumo Energético: Luminaria de 2 Tubos LED TG-T8 110 V, 35 W.....	107
Tabla XLII: Sumario de cálculo de consumo energético de la alternativa 2 de luminaria.	108
Tabla XLIII: Sumario de beneficios de la alternativa 2	108
Tabla XLIV: Inversión inicial de la alternativa 2 de luminarias	109
Tabla XLV: Cálculo de retorno de inversión de la alternativa 2 de la luminaria	110
Tabla XLVI: Resumen de opciones	111
Tabla XLVII: Indicadores de desempeño de Producción más Limpia en Indusnig.....	112
Tabla XLVIII: Recomendaciones complementarias de 5S para la línea de fundas de cemento de Indusnig.....	116

Índice de Figuras

Figura I: Organigrama General Indusnig	22
Figura II: Organigrama de la Línea de Clientes Industriales de Indusnig	23
Figura III: Mapa Conceptual de la definición Producción más Limpia	32
Figura IV: Pasos de Implementación de PmL	41
Figura V: Distribución de la línea de fundas de cemento en Indusnig.....	45
Figura VI: Indicador de la condición del factor de potencia	58
Figura VII: Guía de sustitución de luminaria de tubos fluorescentes por luminaria de tubos LED.....	92
Figura VIII: Partes a remover de luminaria con campana	93

Índice de Gráficas

Gráfica I: Distribución porcentual del terreno de las líneas de producción de Industrias Nigua	21
Gráfica II: Consumo de papel en la LCI.....	48
Gráfica III: Desperdicio de papel Kraft en la planta de fundas de cemento de Indusnig	49
Gráfica IV: Detalle general de consumo de papel de la LCI en Industrias Nigua	50
Gráfica V: Matriz de Generación Eléctrica en República Dominicana.....	53
Gráfica VI: Consumo de KWh por período en Industrias Nigua	55
Gráfica VII: Consumo de KWh por período en la LCI.....	56
Gráfica VIII: Tendencia del factor de carga en Indusnig	61
Gráfica IX: Tendencia del factor de carga de la LCI	62
Gráfica X: Porcentaje de Cantidad por tipo de luminaria.....	70
Gráfica XI: Curva de consumo de generador Caterpillar 3412	79

Introducción

A partir de la década de 1970, diferentes gobiernos del mundo se percataron del daño que causa el sector industrial al medio ambiente, por lo que se tomaron medidas para impulsar el Desarrollo Sostenible. Desde entonces se han creado entidades como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), a través de las cuales se crean políticas públicas relacionadas con el medio ambiente, para garantizar que las generaciones futuras puedan atender sus necesidades.

Una de las estrategias más recientes para reducir el impacto de las industrias sobre el medio ambiente, sin que esto afecte negativamente el desarrollo económico de la empresa, es la Producción más Limpia (PmL), definida por el PNUMA como “la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integral, a los procesos y productos, con el objetivo de reducir riesgos al ser humano y al medio ambiente” (PNUMA, 1999).

La República Dominicana se encuentra comprometida con la Producción más Limpia, a través de su participación y suscripción en eventos de carácter mundial relacionados con el desarrollo sostenible. Algunas empresas dominicanas han ido integrando poco a poco en sus procesos esta estrategia ambiental.

En la Universidad APEC, se han realizado diferentes trabajos de grado relacionados con la Producción más Limpia. Entre estos se pueden mencionar:

“Implementación de las Estrategias de Producción más Limpia (PML) para el ahorro del consumo energético del Instituto Tecnológico de las Américas, (ITLA)”, realizado en el año 2011, enfocado en la reducción del costo de la energía eléctrica mediante el cambio de luminarias, la regulación de la temperatura del aire acondicionado y la regulación del factor de potencia.

“Implementación de Producción más Limpia en una empresa Manufacturera de Productos Médicos, PIISA (ITABO)”, realizado en abril del año 2011, enfocado en la recuperación de residuos y ahorro de energía.

A nivel mundial se han realizado tesis sobre PmL, como es el caso del trabajo de Pablo Javier Rodríguez Herrera, de la ciudad de Guayaquil, Ecuador, quien en el 2007 realizó una implementación de PmL en la planta industrial de una Empresa Gráfica llegando a cumplir todos sus objetivos. De igual forma, en el año 2010, Silvia María Balderas López de Tijuana, México, diseñó un modelo de PmL para la industria de ensamble de electrónicos, logrando sus objetivos.

Industrias Nigua es una empresa dominicana manufacturera y comercializadora de productos hechos a base de papel. Se realizó un diagnóstico de Producción más Limpia en la línea de producción de fundas de cemento o Línea de Clientes Industriales (LCI) de dicha empresa, ya que se observó que existen oportunidades de mejora en cuanto a desperdicios de materiales y energía se refiere.

Mediante dicho diagnóstico se conoció la situación actual de la empresa, y a partir de ello, se elaboraron opciones para que Industrias Nigua sea una empresa

mucho más competitiva, disminuyendo sus costos de producción, los impactos negativos al medio ambiente, la generación de desperdicios y el gasto energético.

Para la realización de este trabajo de grado se establecieron los siguientes objetivos:

Objetivo General

Realizar una propuesta de aplicación de Producción más Limpia en la línea de fundas de cemento de Industrias Nigua.

Objetivos específicos

- Determinar los conceptos de Producción más Limpia que se pueden aplicar en los materiales involucrados en los procesos de producción de la línea.
- Evaluar las oportunidades de aplicación de Producción más Limpia en el sistema de iluminación utilizado en la línea.
- Evaluar las oportunidades de aplicación de Producción más Limpia en el sistema de generación de energía eléctrica auxiliar.
- Generar indicadores de desempeño de Producción más Limpia para ser utilizados en el control del proceso de producción.

El diagnóstico de Producción más Limpia estuvo enmarcado en el tipo de investigación inductiva, del tipo descriptiva, documental y de campo, donde se emplearon una serie de técnicas y herramientas para la recolección de datos, la observación directa en la empresa y el análisis de fuentes documentales; los cuales identificaron los aspectos de la investigación que se basó en la descripción

que muestra a la empresa en su estado actual y permite identificar las áreas que tienen deficiencia en el proceso de producción por desperdicio de materia prima y la iluminación.

Durante la realización de este trabajo se desarrollaron los objetivos teniendo en cuenta las restricciones impuestas por el tiempo establecido para la realización y entrega del trabajo de grado, así como la política de confidencialidad de la empresa, por lo cual se utilizaron datos promedios, sin especificar el tiempo exacto de la obtención de los datos, a solicitud de la empresa.

La investigación describe las generalidades de la empresa, con su misión, visión y valores; su ubicación y líneas de producción. Luego el capítulo II muestra la historia, definición, antecedentes en la República Dominicana y la metodología de la Producción más Limpia. El capítulo III describe la situación actual de la empresa basado en el análisis del consumo de materiales y energía eléctrica. El capítulo IV es donde se presenta la propuesta de Producción más Limpia donde se describe la Factibilidad Técnica, Económica y Ambiental de las opciones presentadas. Un resumen general muestra los resultados obtenidos y termina con las conclusiones y recomendaciones del diagnóstico de Producción más Limpia.

CAPÍTULO I- GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.2.1- Historia de la Empresa¹

Industrias Nigua S.A. (Indusnig) es una empresa de capital nacional, manufacturera de una amplia variedad de productos fabricados a partir de papel. Indusnig fue fundada en 1959 con la producción de fundas multicapas para envasar cemento y harina; un año más tarde instala el departamento de Papel Higiénico, seguido por los departamentos de Tapas de Metal y Tapitas Corona, para suplir a las fábricas de refrescos y cervezas del país. También en ese año empieza a producir los cuadernos escolares y las fundas plegadas para envasar café.

A partir del año 1970, Indusnig inicia un proceso de expansión adquiriendo nuevos terrenos y realizando inversiones. No es sino hasta el año 1991 que la empresa decide vender su participación en la fábrica de cal y luego en el año 1994 vende el departamento de Tapas de Metal. En el año 1997 implementa un sistema de gestión de calidad basado en la norma ISO 9001, siendo la empresa certificada en la misma.

La empresa ha rediseñado su modelo de gestión gerencial mediante la implementación de la gestión “Empresa por Procesos”. En este sentido, a partir del año 2007 inicia un proceso de reestructuración enfocado en aumentar la

¹Obtenido en la página web de Industrias Nigua, www.indusnig.com.do

satisfacción del cliente, logrando así su reorganización en 5 líneas de negocios independientes en función al perfil de sus clientes, y una línea para soporte de las otras.

2.2.2- Misión, Visión y Valores¹

Misión

Somos una empresa con un alto enfoque hacia el desarrollo y la mejora continua; así como el entendimiento de las necesidades de nuestros clientes, lo cual es posible gracias a la relación estrecha y el diálogo constante que establecemos con ellos. Esto nos permite ofrecer productos adaptados a sus requerimientos y entregados mediante una logística inteligente. La precisión en la entrega de los productos es para nosotros un factor crítico; por ello, ofrecemos a nuestros clientes entregas fiables y sostenibles a largo plazo.

A través de nuestro compromiso y dedicación alcanzamos el éxito, apegados siempre a nuestros valores, la preservación del medio ambiente y el aporte al bien común, dejando siempre huellas positivas en cada paso a través de nuestra historia.

Visión

Ser una de las 10 empresas manufactureras de capital nacional de mayor atractivo para trabajar en ella.

Valores

- **Somos un equipo:** Porque creemos en la suma de nuestros talentos y capacidades.
- **Al servicio al cliente:** Porque juntos podemos dar plena satisfacción a las demandas de nuestros consumidores y clientes.
- **Responsables de nuestros compromisos:** Porque cuando asumimos un compromiso no hay pretexto que lo rompa ni excusa que lo retrase.
- **Cuya integridad no se negocia:** Porque la integridad de nuestro trabajo y ejercicio es la garantía de la calidad que brindamos en nuestros productos.
- **Afirmados en su institucionalidad:** Porque la institucionalidad de nuestra empresa es parte esencial de una filosofía de trabajo que cifra en el respeto y la integración de su personal la clave de su éxito.
- **Capital es nuestra gente:** Porque nuestro máspreciado capital es nuestra gente.

2.2.3- Política de Calidad

Buscamos satisfacer y exceder las necesidades de nuestros clientes, suministrando productos y servicios libres de defectos.

Estamos comprometidos con el mejoramiento continuo de nuestros procesos y al esfuerzo compartido con nuestros suplidores, teniendo como objetivo final alcanzar la excelencia en todo lo que hacemos.

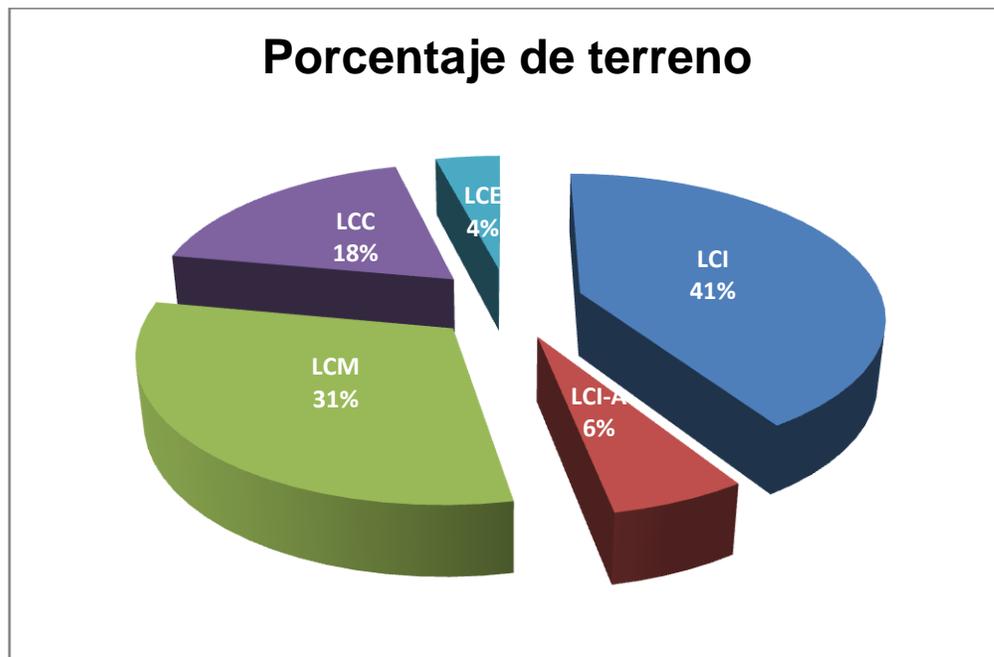
2.2.4- Ubicación y Terreno

Industrias Nigua está ubicada en el local No. 2 de la avenida San Cristóbal, ensanche la Fe, de la ciudad de Santo Domingo, Distrito Nacional. Cuenta con un amplio terreno, cuyas líneas de producción suman un total de 11,546.60 metros cuadrados de construcción, como se expresa en la siguiente tabla y gráfica:

Tabla I: Distribución del terreno de las líneas de producción de Industrias Nigua

Líneas de Producción	Área en m ²	Porcentaje de Terreno
Línea de Clientes Industriales (LCI)	4,724.98	40.92%
Línea de Clientes Industriales-Alimentos (LCI-A)	693.59	6.01%
Línea de Clientes de Consumo Masivo (LCM)	3,576.00	30.97%
Línea de Clientes Cuadernos (LCC)	2,083.00	18.04%
Línea de Clientes Empresariales (LCE)	469.03	4.06%
Total	11,546.60	100.00%

Fuente: Departamento de Servicios Generales de Industrias Nigua



Gráfica I: Distribución porcentual del terreno de las líneas de producción de Industrias Nigua

Fuente: Departamento de Servicios Generales de Industrias Nigua

La gráfica muestra que la línea de mayor área es la LCI, seguida por la LCM y luego la LCC. El porcentaje de la que tiene mayor tamaño es de 41%, siendo esta la línea bajo estudio.

2.2.5- Organigrama

El organigrama general de la empresa es de tipo vertical, donde se puede ver la jerarquía, encabezada por la Vicepresidencia Administrativa (VPA), seguida por las distintas líneas de la empresa en forma de pirámide. De esta manera se entiende la organización gerencial de la empresa.

A continuación se presenta el organigrama general de Indusnig con todas sus líneas de negocio:

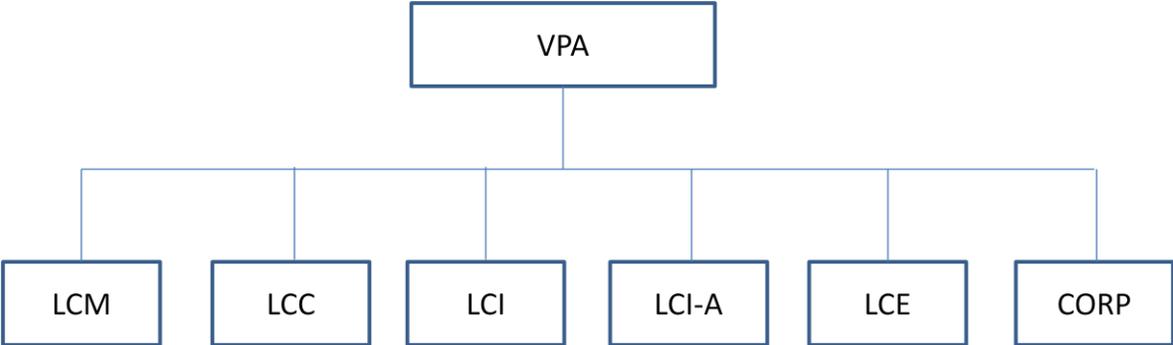


Figura I: Organigrama General Indusnig

Fuente: Elaboración propia

De manera particular, el organigrama de la Línea de Clientes Industriales (LCI), también conocida como línea de fundas de cemento, al igual que el organigrama general, también es del tipo vertical y se detalla de la siguiente manera:

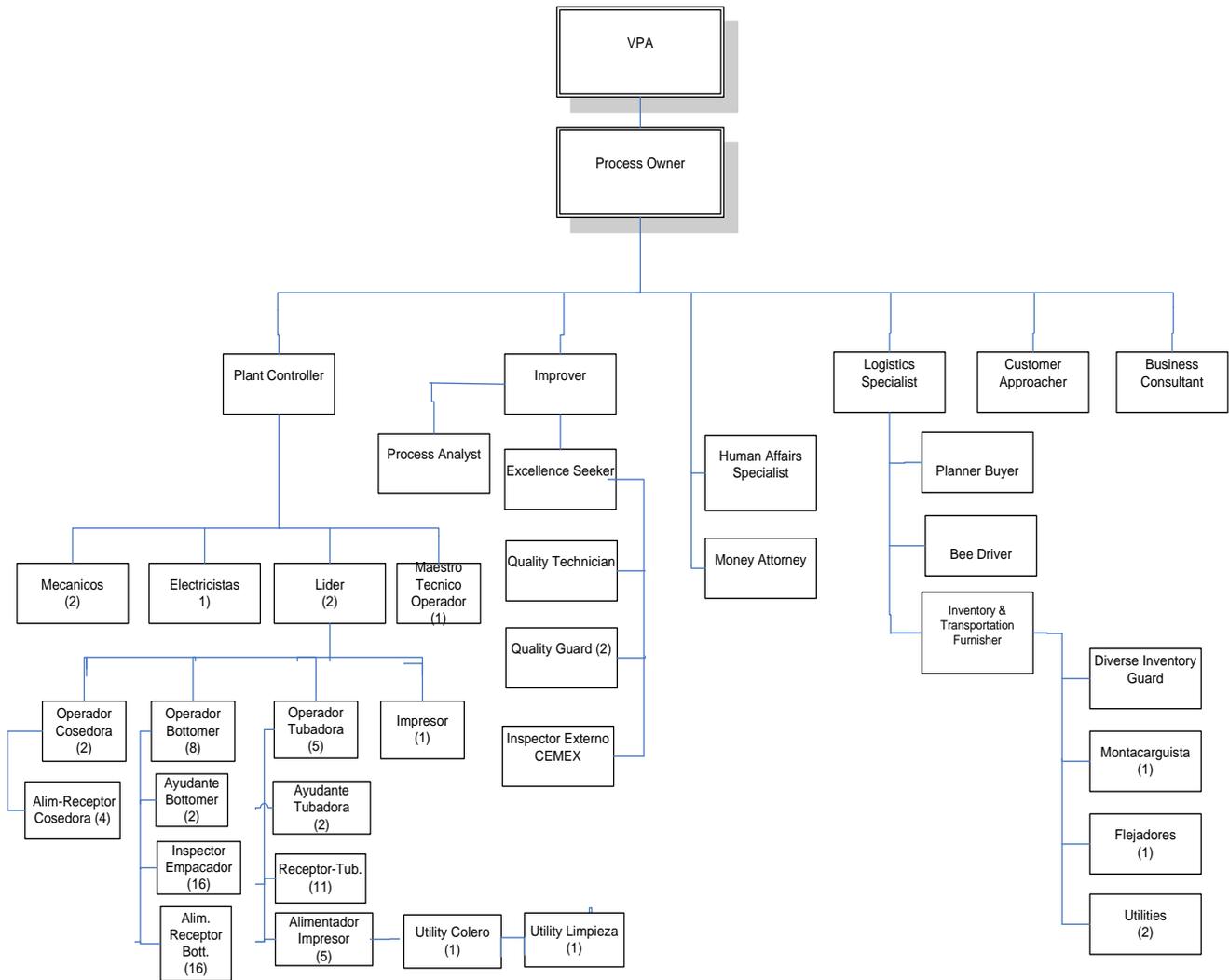


Figura II: Organigrama de la Línea de Clientes Industriales de Industriag

Fuente: Departamento de Recursos Humanos de Industriag

2.2.6- Líneas de Productos¹

Industrias Nigua tiene varias líneas de producción, donde cada línea se caracteriza por el tipo de producto que fabrica, estas líneas fueron organizadas

con el enfoque de lograr procesos más eficientes y a la vez aumentar la satisfacción del cliente. A continuación se describe cada línea:

- a) **Línea de Clientes Industriales (LCI):** Elabora y comercializa fundas multicapas. Ésta ofrece la opción de personalizar las fundas con el arte de su preferencia hasta con seis colores de impresión.
- b) **Línea de Clientes Industriales – Alimentos (LCI-A):** Se ofrecen sacos de papel fabricados bajo altos estándares de calidad, para el empaque de productos alimenticios, los cuales garantizan la seguridad e higiene de los alimentos.
- c) **Línea de Clientes Cuadernos (LCC):** Combina la experiencia de Indusnig con el papel y los más creativos diseños de las marcas Apolo, Scrito, Scholar y Xtreme. Se ofrecen cuadernos con diversas cantidades de páginas y una amplia gama de diseños, además de los más resistentes papeles para pasteles.
- d) **Línea de Clientes Empresariales (LCE):** Elabora y comercializa fundas plegadas y vasos para satisfacer todas las necesidades de uso industrial, comercial y empresarial. Se ofrece la opción de personalizar las fundas con el arte de preferencia del cliente, hasta con cuatro colores de impresión.
- e) **Línea de Clientes de Consumo Masivo (LCM):** Se dedica a la fabricación y comercialización de papel higiénico y servilletas de las

marcas Niveo, Snowwhite y Gaviota. Cuenta con una amplia diversidad en cantidad de capas, hojas, suavidad del papel y formas de empaques.

- f) **Línea Corporativa (CORP):** Es una línea de servicios internos conformada por los departamentos de Finanzas, Servicios Generales (Seguridad Industrial y Mantenimiento Físico) y Tecnología de Información. Ésta ofrece los servicios correspondientes a cada una de las líneas de producción.

CAPÍTULO II- MARCO TEÓRICO

2.1.1- Historia de la Producción más Limpia

En el año 1972 se celebra en Estocolmo, Suecia, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA (UNEP por sus siglas en inglés), “fue el evento que convirtió al medio ambiente en un tema de relevancia a nivel internacional” (United Nations Environment Program (UNEP), 2002).

Aunque el conocimiento sobre el impacto medio ambiental causado por las industrias en esa época era limitado, Fernando Kramer, en su libro “Educación ambiental para el desarrollo sostenible”, afirma lo siguiente: “En esos momentos, ya había bastantes evidencias proporcionadas por la comunidad científica - confirmadas en los inmediatos de esa década- de que se estaban produciendo cambios imprevistos en la atmósfera, los suelos, las aguas, entre las plantas y los animales, y en las relaciones entre todos ellos. Asimismo, había indicios razonables de que esos cambios estaban ligados al modelo de desarrollo vigente en los países industrializados, y que la velocidad de cambio era tal que superaba la capacidad científica e institucional para ralentizar o invertir el sentido de sus causas y efectos” (Kramer, 2003).

Como resultado de dicha reunión, en la que participaron tanto países desarrollados como en vías de desarrollo, se crea en el mismo año el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). La misión de este programa es “Dirigir y alentar la participación en el cuidado del medio ambiente inspirando, informando, y dando a las naciones y los pueblos los medios de mejorar la calidad de vida sin poner en peligro la de futuras generaciones” (PNUMA, 2009).

Luego, en el año 1983, la Asamblea General de las Naciones Unidas crea la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, designando como Directora a la señora Gro Brundtland, Primera Ministra de Noruega. En su libro, Fernando Kramer expresa que la tarea principal de dicha comisión es “generar una agenda para el cambio global con tres objetivos: reexaminar cuestiones críticas relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo, y formular propuestas realistas para hacerles frente; proponer nuevas fórmulas de cooperación internacional en estos temas capaces de orientar la política y los acontecimientos hacia la realización de cambios necesarios; y aumentar los niveles de concienciación y compromiso de los individuos, las organizaciones de voluntarios, las empresas, las instituciones y los gobiernos” (Kramer, 2003).

Como resultado del esfuerzo de la comisión, en el año 1987, se presenta el informe “Nuestro Futuro Común” o “Informe de Brundtland”. Según el texto del PNUMA, “GEO América Latina y el Caribe: perspectivas del medio ambiente”, el informe expresa: “la posibilidad de un crecimiento económico basado en políticas

de sostenibilidad y expansión de la base de recursos ambientales” (PNUMA, 2003).

En el informe “Nuestro Futuro Común” se introduce el concepto de Desarrollo Sostenible como “el desarrollo que garantiza las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), 2002).

En el año 1989 la División de Tecnología, Industria y Economía del PNUMA, dio a conocer el concepto de Producción más Limpia. Según Roberto Bermejo, en su libro “La gran transición hacia la sostenibilidad: principios y estrategias de economía sostenible”, el concepto de Producción más Limpia fue concebido “ante la necesidad de diseñar un enfoque más general e integrado sobre los cambios en los procesos productivos que superara el restrictivo de diversas técnicas que se venían utilizando, como “minimización de residuos”, “prevención de la contaminación”, “reducción en el origen”, etc.” (Bermejo, La gran transición hacia la sostenibilidad: principios y estrategias de economía sostenible, 2005).

Del 3 al 14 de junio del año 1992, siguiendo las recomendaciones del Informe de Brundtland, se llevó a cabo en Río de Janeiro, Brasil, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, también denominada “Cumbre de la Tierra”. Fueron firmados cinco acuerdos “cuyo objetivo es alcanzar la plena incorporación de la dimensión ambiental al desarrollo” (PNUMA, 2003).

Estos son:

- La Declaración de Río sobre Medio Ambiente y el Desarrollo.
- La Agenda 21 sobre el desarrollo y la cooperación en la esfera del medio ambiente. Su ejecución con éxito incumbe, ante todo y sobre todo, a los gobiernos.
- La Declaración sobre principios relativos a los bosques.
- El Convenio de Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- El Convenio sobre Diversidad Biológica.

Desde el año 1994 se encuentran en funcionamiento Centros de Producción más Limpia en diferentes partes del mundo, como resultado del Programa Centro Nacional de Producción más Limpia, una iniciativa conjunta entre el Programa de las Naciones Unidas (PNUMA) y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). “Los centros intercambian información y agregan mejoras a las experiencias y técnicas de PmL, trabajando a menudo como consultores de los gobiernos, especialmente con los cuerpos técnicos” (Organization for Economic Cooperation and Development, 2005).

En el año 1998 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) prepara la Declaración Internacional sobre Producción más Limpia, en la cual se reconoce que: “la consecución del desarrollo sostenible es una responsabilidad colectiva y que las actividades encaminadas a proteger el medio ambiente han de contemplar la adopción de prácticas de producción y consumo

sostenibles” (PNUMA, 1998). En ese sentido consideran que la Producción más Limpia constituye una de las estrategias preventivas para dichos fines.

Del 26 de agosto al 4 de septiembre del 2002, se llevó a cabo en Johannesburgo, Sudáfrica, la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible, en donde representantes de diferentes lugares del mundo reafirmaron su compromiso a favor del desarrollo sostenible (Organización de las Naciones Unidas, 2002).

2.1.2- Definición de Producción más Limpia

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) define la Producción más Limpia como: “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente”.

- “En los procesos de producción, la Producción Más Limpia aborda el ahorro de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción en cantidades y toxicidad de desechos y emisiones”.
 - “En el desarrollo y diseño del producto, la Producción Más Limpia aborda la reducción de los impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto: desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final”.
 - “En los servicios, la Producción Más Limpia aborda la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios”.
- (ONUDI, 2002).

En otras palabras, el concepto de Producción más Limpia se puede definir como una estrategia que busca la eliminación o reducción de los daños ocasionados al medio ambiente y al ser humano, aumentando la eficiencia de los procesos, productos y servicios de la empresa, de forma preventiva en lugar de al final del tubo, enfocándose en la aplicación de técnicas en todo el entorno, sin importar que esté directamente relacionada o no con la fabricación del producto o la prestación del servicio, pero que sean aplicadas a la empresa.

La definición de Producción más Limpia se puede ver de una manera muy específica, pero de acuerdo a nuestra investigación, ésta abarca mucho más de lo que su definición hace notar, así como es mostrado en la siguiente figura:



Figura III: Mapa Conceptual de la definición Producción más Limpia

Fuente: Fernando López, Simposio de Energía Sostenible, UNAPEC

2.1.3- Antecedentes de la Producción más Limpia en la República Dominicana

El Estado dominicano se encuentra comprometido con el desarrollo sostenible y con la Producción más Limpia. Muestra de ello son los diferentes artículos encontrados en la legislación dominicana, en documentos de elevada importancia como la Constitución de la República, la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030 (Ley No.1-12), la Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ley No. 64-00) y la Política Nacional de Consumo y Producción Sostenible.

El artículo 67 de la Constitución de la República Dominicana, publicada en la Gaceta Oficial No. 10561, en fecha 26 de enero del 2010, versa lo siguiente: “Constituyen deberes del Estado prevenir la contaminación, proteger y mantener el medio ambiente en provecho de las presentes y futuras generaciones”. En el acápite de 1 del mismo artículo se lee lo siguiente: “Toda persona tiene derecho, tanto de modo individual como colectivo, al uso y goce sostenible de los recursos naturales; a habitar en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo y preservación de las distintas formas de vida, del paisaje y de la naturaleza” (Constitución de la República Dominicana, 2010).

En el artículo 10 de la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030 se encuentra definido su cuarto eje, el cual procura: “Una sociedad con cultura de producción y consumo sostenible, que gestiona con equidad y eficacia los riesgos y la protección del medio ambiente y los recursos naturales y promueve una adecuada

adaptación al cambio climático” (Ley No. 1-12 que establece la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030, 2012).

La Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ley No. 64-00) en su artículo 5 establece: “Es responsabilidad del Estado, de la sociedad y de cada habitante del país proteger, conservar, mejorar, restaurar y hacer un uso sostenible de los recursos naturales y del medio ambiente, y eliminar los patrones de producción y consumo no sostenibles”. En el artículo 18, numeral 15 de la misma, se lee lo siguiente: “Estimular procesos de reconversión industrial, ligados a la implantación de tecnologías limpias y a la realización de actividades de descontaminación, de reciclaje y de reutilización de residuos”, como una de las funciones de la Secretaria de Medio Ambiente (hoy Ministerio de Medio Ambiente) (Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2000).

Asimismo, se ratifica el compromiso del país con la participación del Estado en diferentes actividades orientadas al desarrollo sostenible y con la firma de los diferentes acuerdos y declaraciones que surgen a partir de estas, promovidas principalmente por la Organización de las Naciones Unidas con sus diferentes programas.

En el año 1992², la República Dominicana participa en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, y se compromete con la Agenda 21 y con la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y el Desarrollo.

² Obtenido en la página web del Ministerio de Medio Ambiente, www.ambiente.gob.do

La República Dominicana participa en la Cumbre de las Américas del 9 al 11 de diciembre del año 1994, en Miami, Florida, en donde se firma una Declaración de Principios y un Plan de Acción, procurando “expandir la prosperidad a través de la integración económica para erradicar la pobreza y la discriminación en el Hemisferio, y para garantizar el desarrollo sostenible y al mismo tiempo proteger el medio ambiente” (Secretaría de la Cumbre de las Américas, 2013).

En el año 1998², el Estado Dominicano firma la Declaración Internacional sobre Producción más Limpia y participa en la Mesa Redonda de las Américas, repitiendo su participación en ésta última en los años 1999 y 2000.

Del 6 al 8 de septiembre del año 2000, en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York, se realiza la Cumbre del Milenio. De allí surge la Declaración del Milenio, firmada por 189 Estados Miembros de las Naciones Unidas incluyendo a la República Dominicana. De la declaración se derivan 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio que deben alcanzarse para el 2015, siendo el objetivo No. 7 “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente” (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2013).

En el año 2001², se realiza en Bávaro, República Dominicana, II Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe.

En el año 2002², la República Dominicana participa en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo sostenible, Johannesburgo, Sudáfrica, de la cual se deriva el Plan de Implementación de Johannesburgo, 2003.

En el año 2003², el país participa en Cuba en el Programa Regional de Producción más Limpia para América Latina y el Caribe.

En el año 2004, se emitió el Decreto No. 789-04 que crea el Programa Nacional de Producción Más Limpia, como una Unidad del Ministerio Ambiente. “Este Programa está llamado a promover e incentivar la aplicación de las prácticas e innovaciones orientadas a la producción sostenible, para así contribuir con la competitividad de los sectores productivos y con la prevención de la contaminación” (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2011).

El 5 de agosto de ese mismo año, es firmado el Tratado de Libre Comercio entre la República Dominicana, Centroamérica y los Estados Unidos (DR-CAFTA)³, en donde “Las Partes reconocen la importancia de proteger, mejorar y conservar el ambiente, incluyendo los recursos naturales en sus territorios. Las Partes resaltan la importancia de promover todas las formas posibles de cooperación, reafirmando que la cooperación en materia ambiental permite mejorar oportunidades para avanzar en compromisos comunes para lograr el desarrollo sostenible para el bienestar de las generaciones presentes y futuras” (Observatorio de Competitividad, 2004).

Como una iniciativa conjunta del Ministerio de Medio Ambiente, el Ministerio de Industria y Comercio, el Consejo Nacional de Competitividad, el Programa de la USAID para la Protección Ambiental y la Red Nacional de Apoyo Empresarial a la Protección Ambiental (RENAEPA), es creado, en el año 2011, el Premio Nacional

³ Obtenido en la página web del Centro de Exportación e Inversión de la República Dominicana (CEI-RD), www.cei-rd.gov.do

a la Producción más Limpia. El premio es administrado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y “busca motivar a las empresas e instituciones a que implementen estrategias que les permitan mejorar su desempeño ambiental y su competitividad nacional y global” (INTEC, 2011).

En lo antes expuesto, se demuestra la importancia de la implementación de la Producción más Limpia dentro las empresas dominicanas, ya que estas constituyen una estrategia para la reducción del impacto negativo que causan las empresas al ser humano y al medio ambiente.

Al proponer esta estrategia en la línea de fundas de cemento de Industrias Nigua, se estaría aportando para el cumplimiento de los compromisos asumidos por el país a nivel nacional y mundial. Al mismo tiempo, la empresa contaría con una propuesta, que de ser aplicada, se reflejaría en beneficios económicos y ambientales, con la posibilidad de obtención de mayores oportunidades en el mercado.

2.4- Metodología para implementar Producción más Limpia

La estrategia de Producción más Limpia (PmL) cuenta con un número de pasos definidos para su aplicación, pero estos varían dependiendo del autor y de la región en donde ésta se planea desarrollar. De todas formas, para lograr la correcta implementación de PmL, se debe tener en cuenta que sin importar el número de pasos, cada uno de estos esté correlacionado entre si y dependan de un proceso sistemático de implementación.

En la mayor parte de los casos, la cantidad de fases para la implementación de Producción más Limpia oscila entre los 4 y 7 pasos. De esta manera, se tiene que la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI) las resume en 4 pasos, mientras que los autores Néstor Monroy, Bart Van Hoof y Alex Sae las detallan en 5 pasos en su libro “Producción más Limpia: Paradigma de Gestión Ambiental” (Monroy, Van Hoof, & Sae, 2008).

Aunque ambas metodologías mencionadas anteriormente se observan como aceptables, para lograr un análisis y una aplicación de manera más específica y definida, en esta investigación se va a tomar como referencia la metodología de aplicación de Producción más Limpia de 7 pasos, como es definida por el consultor José Pablo Rojas (Rojas, 2011), en su artículo “Siete Pasos para implementar la Producción más Limpia en su Organización”. Estos pasos o fases son definidos a continuación:

Paso 1: Inicio del Ciclo

Según el señor Rojas (2011), “esta fase consiste en lograr el apoyo gerencial, definir los objetivos principales del programa y realizar la planificación de actividades gerenciales”. Es decir, que en este paso es donde se inicia la planeación de la implementación de Producción más Limpia, primero buscando el compromiso de los directores de la organización, para luego determinar los equipos de trabajo y plantear lo que se quiere lograr con esto.

Paso 2: Análisis de la Situación Actual (Estudio Cualitativo)

Como indica su nombre, en este paso se realiza una investigación de la situación actual de la empresa, realizando la descripción de ésta y de sus procesos, efectuando recorridos dentro de la planta y estableciendo prioridades para el estudio. Como expresa Rojas (2011) en su libro "...debe realizarse una recopilación de la información disponible de la organización..." para así poder lograr nuestro objetivo.

Paso 3: Estudio Cuantitativo

Este paso se resume en la recolección e interpretación de datos cuantitativos. Por otro lado también se busca identificar las causas potenciales de los desperdicios y la elaboración de balances de materiales de los procesos.

Paso 4: Definición de Opciones de Mejora

En este paso se generan las diversas alternativas de opciones de mejora a aplicar en la organización. Luego de generadas, se seleccionan las opciones más prometedoras y se analizan.

Paso 5: Estudios de Factibilidad y Asignación de Prioridades

Como es expresado por Rojas (2011): "Llegado a este punto, se lleva a cabo un análisis orientado a definir el orden de prioridad de implementación de las opciones generadas en la etapa anterior". De esta manera, se determina cuál o cuáles de las opciones es más conveniente aplicar primero y se realizan los

estudios de factibilidad técnica, económica y ambiental para tener una mayor visión de las opciones y sus alcances.

Es recomendable que en esta fase se prepare un reporte para la gerencia de cada opción a implementar.

Paso 6: Planes de Implementación

En esta etapa se define el plan o los planes de implementación de las opciones generadas en el paso anterior, especificando los períodos de duración, la secuencia de implementación, los beneficios respectivos a cada opción y como se van a medir estos resultados. Además, “Dicho período obedece al orden de importancia de implementación obtenido en la etapa anterior”, como menciona Rojas (2011).

Paso 7: Verificación

En ésta última etapa se establecen los equipos responsables de Producción más Limpia, junto a los períodos y las acciones a las cuales se darán seguimiento (verificando su concordancia con los planes de implementación). Además, se debe definir cómo será manejada la documentación en caso de cambios en los planes de implantación y también se establece la manera de cómo se maneja el personal de estos equipos (rotación del personal en cada equipo).

Esta metodología es definida en la siguiente gráfica, donde se considera que a partir del paso 7, verificación, se puede volver a cualquiera de los pasos anteriores:

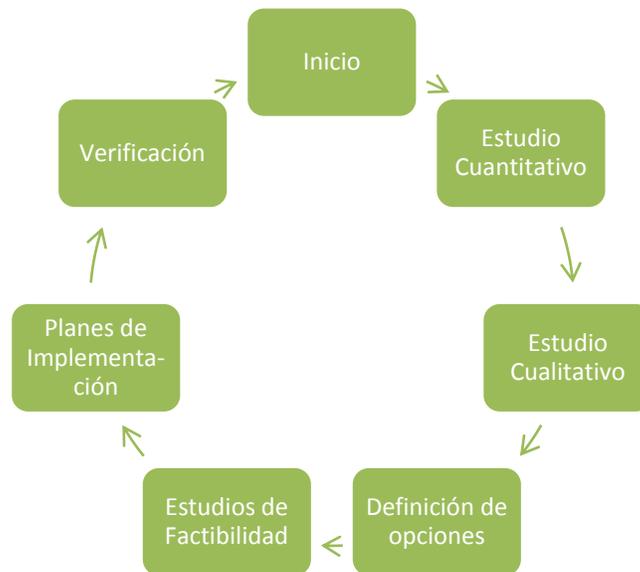


Figura IV: Pasos de Implementación de PmL

Fuente: Elaboración propia

De manera general, la cantidad de pasos que contiene una metodología no define si ésta es mejor que otra. El contener una menor cantidad de pasos quiere decir que ésta abarca más de un tema por paso, mientras que las que contienen más pasos tratan de separar cada tema, logrando así, pasos cada vez más simples y específicos. De esta manera se facilita la capacidad de comprensión de los pasos o etapas de la metodología de implementación de Producción más Limpia.

2. 5- Beneficios de la Producción más Limpia

Dependiendo del rango de aplicación y el enfoque utilizado al implementar Producción más Limpia, es posible obtener una gran cantidad de beneficios de distintos tipos. Entre estos se pueden mencionar los beneficios económicos, ambientales y sociales:

Beneficios económicos

- Reducción de costos mediante el uso eficiente de materias primas y minimización de residuos.
- Reducción de la inversión debido al tratamiento y/o disposición final de los desechos.
- Menores primas de seguros.
- Optimización de los procesos.
- Proceso de innovación.

Beneficios ambientales

- Minimiza la contaminación ambiental.
- Reduce la generación de desechos y emisiones.

Beneficios sociales

- Mejora de la imagen de la empresa.
- Reducción de problemas debido a obligaciones civiles.
- Menos conflictos con el entorno exterior.
- Acatamiento de la legislación ambiental local y nacional.

CAPÍTULO III- SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1- Análisis e interpretación del estado actual de la línea de fundas de cemento de Industrias Nigua

La línea de Fundas de Cemento de Indusnig se dedica a la fabricación de fundas multicapas a partir de papel, tinta y pegamento. Este proceso involucra dos tipos de máquinas principales, la tubadora y la bottomer.

En la actualidad la empresa cuenta con dos tubadoras y cuatro bottomers, separadas en dos celdas dentro del mismo negocio, teniendo cada celda una tubadora y dos bottomers.

A continuación se muestran especificaciones de cada una de estas máquinas:

Tabla II: Especificaciones de las tubadoras y las bottomers en la LCI

Equipo	Modelo	Fabricante
Tubadora 2	AM 2170	Windmöller & Hölscher
Tubadora 4	61	Kochsiek
Bottomer 1	AD 2360	Windmöller & Hölscher
Bottomer 2	AD 2360/16	Windmöller & Hölscher
Bottomer 3	AD 2360/16	Windmöller & Hölscher
Bottomer 4	AD 2360	Windmöller & Hölscher

Fuente: Departamento de Ingeniería de la LCI

Como se muestra en la tabla, cinco de estos equipos son del fabricante Windmöller & Hölscher, mientras que sólo uno es de Kochsiek.

Para la fabricación de las fundas de cemento se siguen los siguientes pasos:

- Primero se alimentan las tubadoras con la materia prima.
- Luego el papel pasa al área de impresión para agregarle el diseño correspondiente según el tipo de producto.
- Al finalizar la impresión, se desplaza a la siguiente área, donde se agrega pegamento y se realizan precortes de manera transversal y longitudinal.
- Esta máquina concluye el proceso con la formación de tubos de papel.
- Los receptores de materiales de las tubadoras se encargan del paletizado de los tubos, para así ser desplazados a las bottomers.
- Se alimentan las bottomers con los tubos de papel.
- Se sellan los fondos con pegamento y se adiciona papel de refuerzo al área de llenado de las fundas.
- Los receptores de materiales de las bottomers se encargan del paletizado de las fundas de cemento, la identificación de la paleta y el desplazamiento de ésta al almacén de secado y de productos terminados.

La celda A de la línea está compuesta por la tubadora 2 y las bottomers 1 y 3, mientras que la celda B por la tubadora 4 y las bottomers 2 y 4. A continuación se muestra como está dividida la línea:

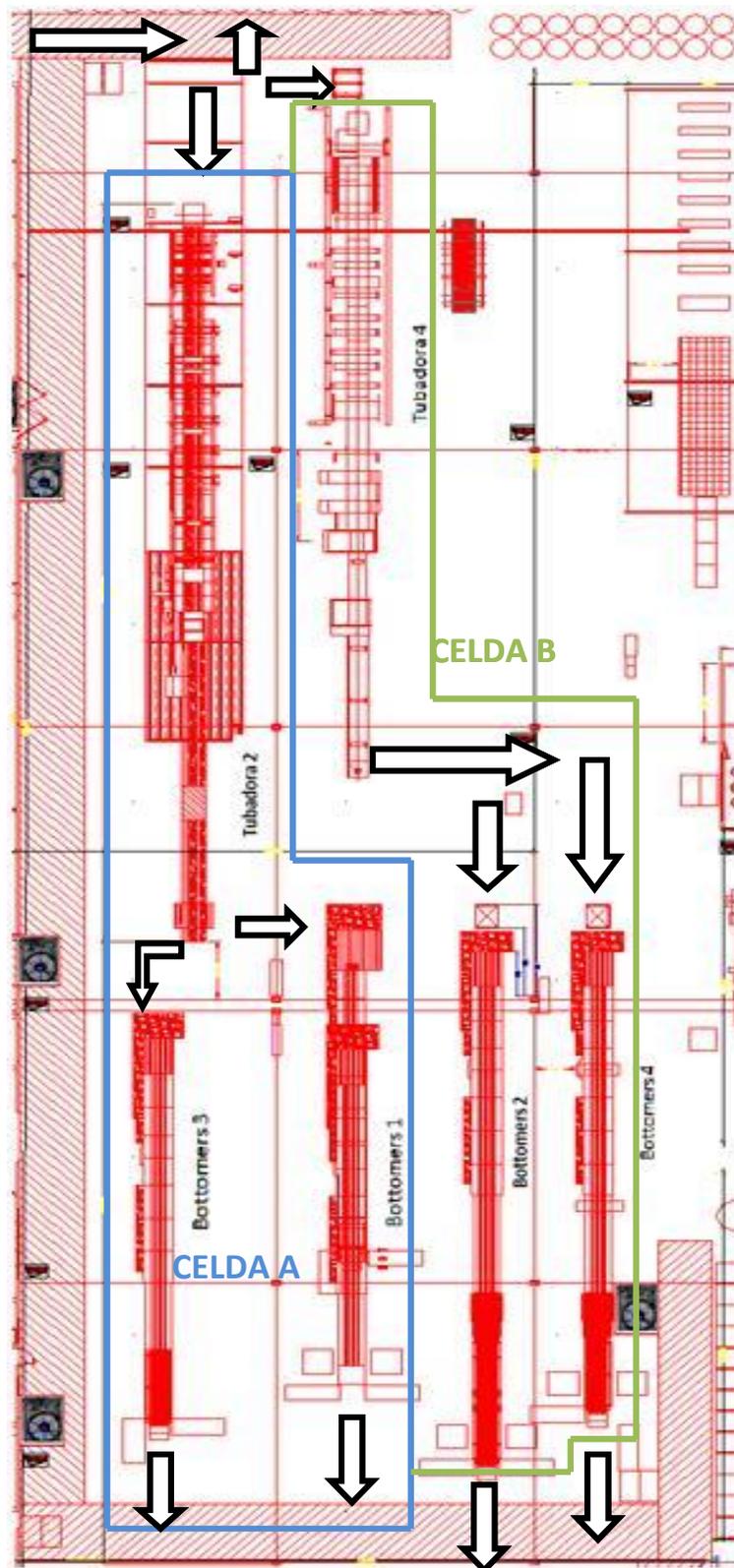


Figura V: Distribución de la línea de fundas de cemento en Indusnig

Fuente: Master Plan de Industrias Nigua

En la figura anterior se observa la organización de la línea, donde la tubadora 2 alimenta las bottomers 1 y 3, mientras que la tubadora 4 alimenta a las bottomers 2 y 4. Las flechas indican el flujo del proceso⁴.

3.1.1- Consumo de Materiales

Como se mencionó anteriormente, para la fabricación de fundas de cemento se utilizan tres materiales principales: papel, tinta y pegamento. Debido al grado de confidencialidad que tiene este tipo de información en Indusnig, se utilizarán datos promedios e índices tomados de la empresa en un período determinado.

La materia prima que presenta una mayor cantidad de desperdicios en la línea de producción estudiada es el papel, por lo tanto, las estrategias de Producción más Limpia que se utilizarán para la opción de mejora del consumo de materiales estarán enfocadas en el análisis del mismo.

El tipo de papel utilizado para esta clase de producto es el Kraft, caracterizado por ser resistente. El precio promedio del papel Kraft, obtenido al considerar diferentes precios en el mercado⁵, es de RD\$ 38.11 por Kg. A partir del análisis de los datos suministrados por la empresa, se obtuvo que el peso promedio de las fundas de cemento es de 0.12 Kg por unidad.

La cantidad promedio de fundas de cemento producidas por período es de 4,575,355 unidades, con un consumo promedio de 585,563 Kg de papel, del cual se desperdició un promedio de 35,297 Kg, lo que representa un 6.03% de

⁴El diagrama detallado del flujo de proceso se encuentra en los anexos

⁵Obtenido en la página web de la tienda virtual alibaba, www.alibaba.com

desperdicio, con un costo promedio de RD\$1,345,177.45 por período, siendo el consumo promedio de papel utilizado en fundas conformes de 550,266.19 Kg.

Para expresar la información del consumo de papel, se realizó el cálculo de índices, los cuales representan la eficiencia del uso de papel en la Línea de Clientes Industriales durante el período observado, siendo la unidad el valor ideal, lo que quiere decir que de cada kilogramo de papel empleado, sólo se utiliza el valor del índice obtenido en kilogramos.

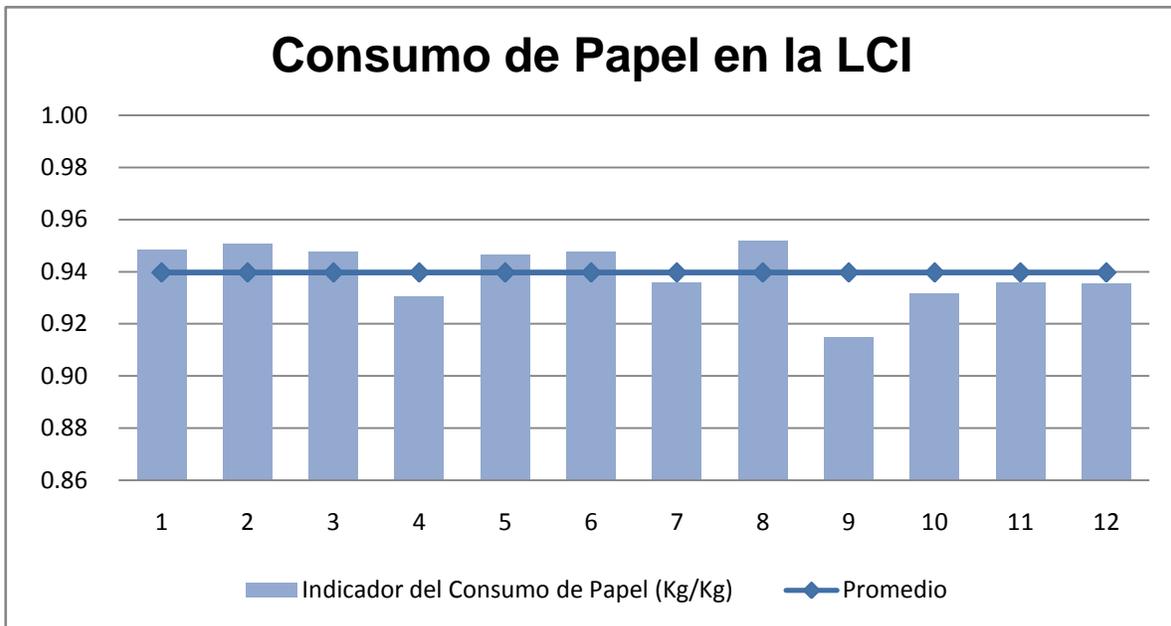
La Línea de Clientes Industriales tiene un índice promedio de 0.94 Kg/Kg, es decir, que sólo se aprovecha 0.94 Kg por cada kilogramo de papel utilizado.

A continuación se detalla el índice de consumo de papel por período:

Tabla III: Indicador del consumo de papel (Kg/Kg) de la LCI

Período	Indicador del Consumo de Papel (Kg/Kg)
1	0.95
2	0.95
3	0.95
4	0.93
5	0.95
6	0.95
7	0.94
8	0.95
9	0.91
10	0.93
11	0.94
12	0.94
Promedio	0.94

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica II: Consumo de papel en la LCI

Fuente: Elaboración Propia

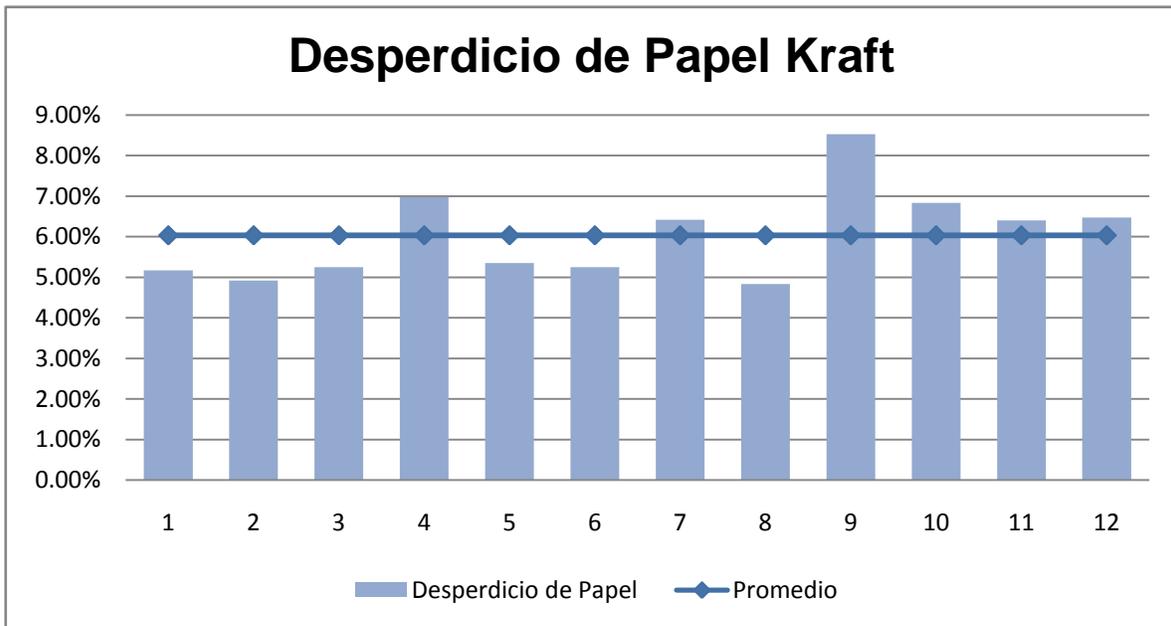
En la gráfica se observa la tendencia de consumo de papel durante el período otorgado. La misma no presenta mucha variación, siendo el período 9 el de menor valor, manteniendo un promedio de 0.94 Kg/Kg, donde el valor restante para llegar al 100% equivale al desperdicio promedio (0.06 Kg/Kg).

A continuación se detalla el porcentaje de desperdicio de papel en la Línea de Clientes Industriales:

Tabla IV: Porcentaje de desperdicio de papel por período

Período	Desperdicio de Papel
1	5.17%
2	4.92%
3	5.25%
4	6.98%
5	5.35%
6	5.25%
7	6.42%
8	4.83%
9	8.53%
10	6.83%
11	6.41%
12	6.47%
Promedio	6.03%

Fuente: Reporte de producción de la LCI de Industrias Nigua

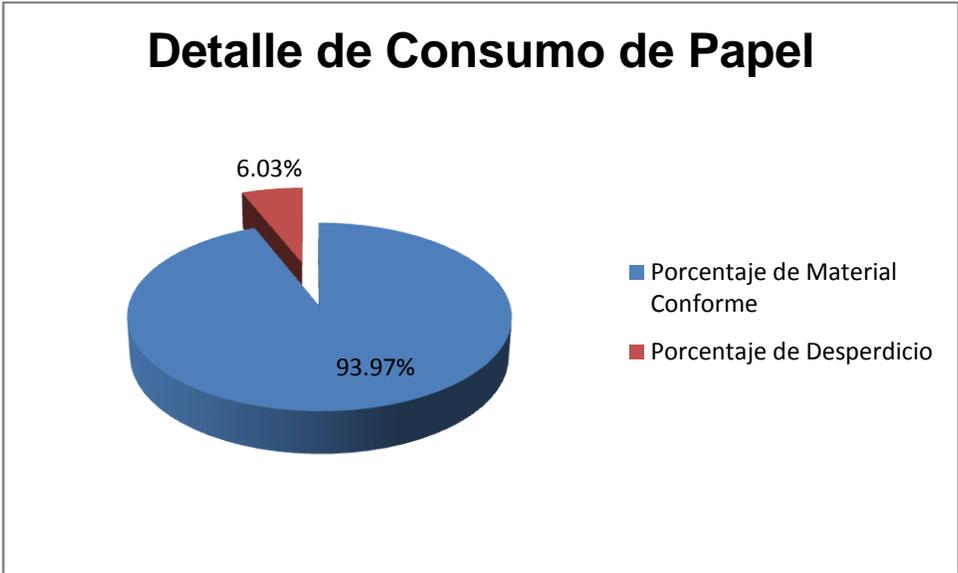


Gráfica III: Desperdicio de papel Kraft en la planta de fundas de cemento de Indusnig

Fuente: Reporte de producción de la LCI de Industrias Nigua

Como se observa en la gráfica, el porcentaje de desperdicio tiene una tendencia variable, donde el período 9 tiene el mayor porcentaje, con un promedio de 6.03% de desperdicio durante el tiempo estudiado.

De manera general, en la siguiente gráfica se expresa el porcentaje promedio de consumo de papel de la línea para todos los períodos:



Gráfica IV: Detalle general de consumo de papel de la LCI en Industrias Nigua

Fuente: Reporte de producción de la LCI de Industrias Nigua

La gráfica expresa que del total de papel utilizado en la LCI, el 93.97% corresponde a material conforme, siendo el 6.03% de desperdicio. Este desperdicio no se recupera para ser reutilizado en la línea, sino que es vendido a otras empresas para ser reciclado, siendo el precio promedio de este papel en el mercado de RD\$ 4.00 por Kg.

De esta manera la empresa logra recuperar un promedio de RD\$ 141,188.92 por período, lo cual no es una cantidad significativa en comparación al costo de la materia prima y a las ganancias que la empresa obtendría de ser vendido este material de manera conforme.

Debido a la política de confidencialidad de la empresa, el precio de venta del producto, o en su defecto, el margen de beneficio no pudo ser obtenido. Por esta razón se asume que el margen de beneficio por cada Kg de papel vendido es de un 35%, lo que representa una venta de oportunidad promedio de RD\$ 1,815,989.56 por período.

En la siguiente tabla se muestran los detalles de la pérdida de la empresa por materiales:

Tabla V: Análisis del costo de desperdicio promedio de la LCI

Descripción	Valor	Unidad
Precio promedio del papel	RD\$ 38.11	Pesos
Desperdicio promedio de papel por período	35,297.23	Kg
Costo de desperdicio promedio de papel por período	RD\$ 1,345,177.45	RD\$
Precio de venta promedio de papel desperdiciado	RD\$ 4.00	RD\$
Valor recuperado de desperdicio	RD\$ 141,188.92	RD\$
Margen de beneficio por ventas de fundas	35%	Porcentaje
Valor de ventas de oportunidad perdidas	RD\$ 1,815,989.56	RD\$
Pérdida de oportunidad	RD\$ 1,674,800.63	RD\$

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla, la pérdida de oportunidad promedio, considerando que el papel desperdiciado se utilizará de manera regular, es de RD\$1,674,800.63 por período.

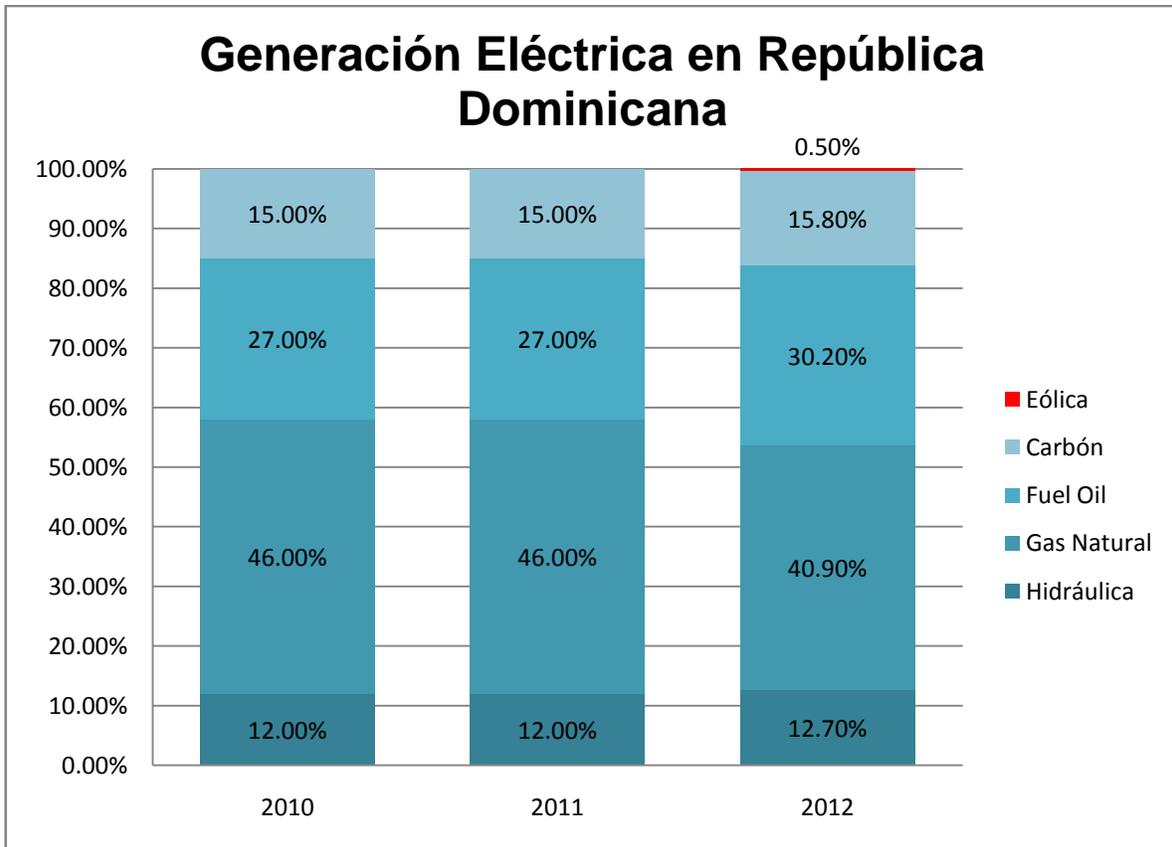
3.1.2- Consumo de Energía

El concepto de energía está asociado con la capacidad de transformar algo en la empresa, lo cual tiene un componente altamente económico. Por tanto, para el análisis de Producción más Limpia, es un renglón importante a tomar en cuenta en el diagnóstico de una empresa.

Según el Diccionario Ambiental de Néstor Julio Fraume Restrepo “la energía es la capacidad de los cuerpos, o de la materia, para producir un efecto o llevar a cabo un trabajo... La energía no se puede producir o destruir, pero una forma se puede transformar en otra” (Fraume Restrepo, 2007). Existen diferentes formas de energía, entre las cuales se encuentran: eléctrica, nuclear, eólica, geotérmica, hidráulica, química, solar y mecánica.

De acuerdo al documento de trabajo “Energías Renovables y Eficiencia Energética” del PNUMA tras la XV Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe “El suministro de energía en la región de América Latina y el Caribe depende básicamente del petróleo. Sin embargo, sólo algunos países, incluidos Brasil, Colombia, México y Venezuela, cuentan con recursos petrolíferos suficientes para apoyar sus economías, y el resto depende de las importaciones” (PNUMA P. d., 2005).

De acuerdo con la revista *hecho en RD* (Asociación de Industrias de la República Dominicana, 2013), la generación eléctrica en República Dominicana es como muestra la siguiente gráfica:



Gráfica V: Matriz de Generación Eléctrica en República Dominicana

Fuente: Revista Hecho en RD Año 2 No.4

Como se puede observar en la gráfica, en los últimos tres años, el método de generación eléctrica más utilizado ha sido a partir de gas natural, el cual presentó una disminución en el año 2012 con respecto a los años 2010 y 2011. Al gas natural le sigue el fuel oil, el cual presentó un aumento en el año 2012 con respecto a los años 2010 y 2011.

3.1.2.1- Energía Eléctrica

La energía eléctrica utilizada en Indusnig para su funcionamiento proviene de la Empresa Distribuidora de Electricidad del Sur S.A. (EDESUR), en donde mantiene un contrato regulado y una tarifa MTD-2⁶.

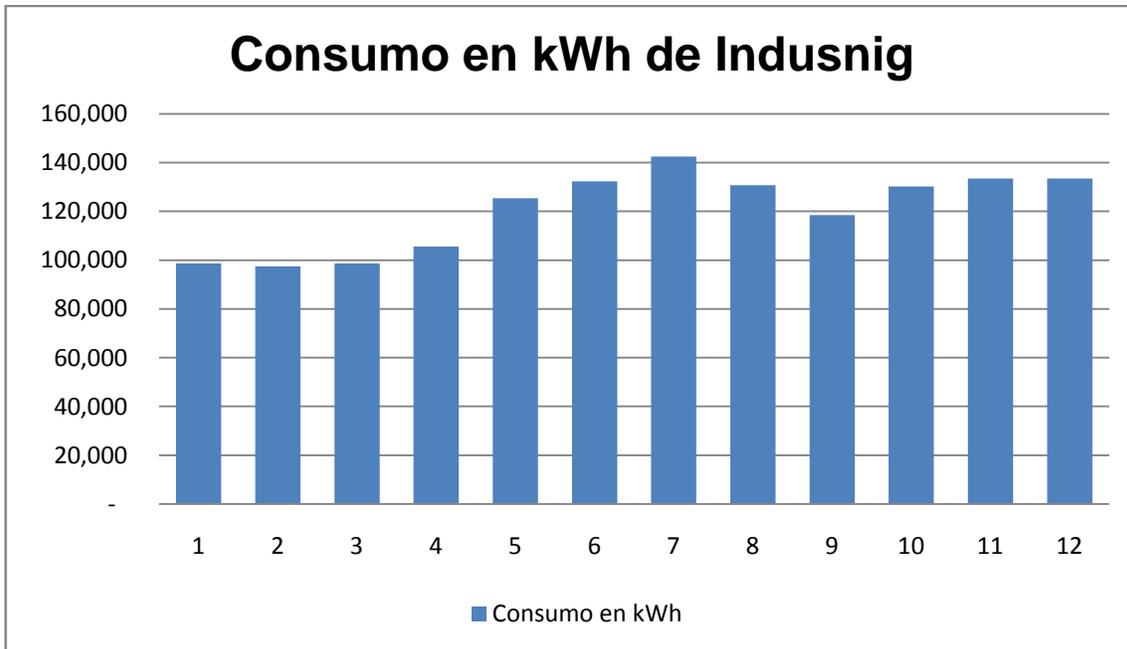
El consumo promedio de energía eléctrica durante el período observado fue de 120,600 KWh. Se estima que el precio promedio de la energía eléctrica para Indusnig es de RD\$ 8.69 por KWh consumido. El consumo del período estudiado se representa a continuación:

Tabla VI: Consumo de KWh por período en Industrias Nigua

Período	Consumo en KWh
1	98,700
2	97,500
3	98,700
4	105,600
5	125,400
6	132,300
7	142,500
8	130,800
9	118,500
10	130,200
11	133,500
12	133,500
Promedio	120,600

Fuente: Elaboración Propia

⁶ Fuente: Resolución No. 237 de la Superintendencia de Electricidad



Gráfica VI: Consumo de KWh por período en Industrias Nigua

Fuente: Elaboración Propia

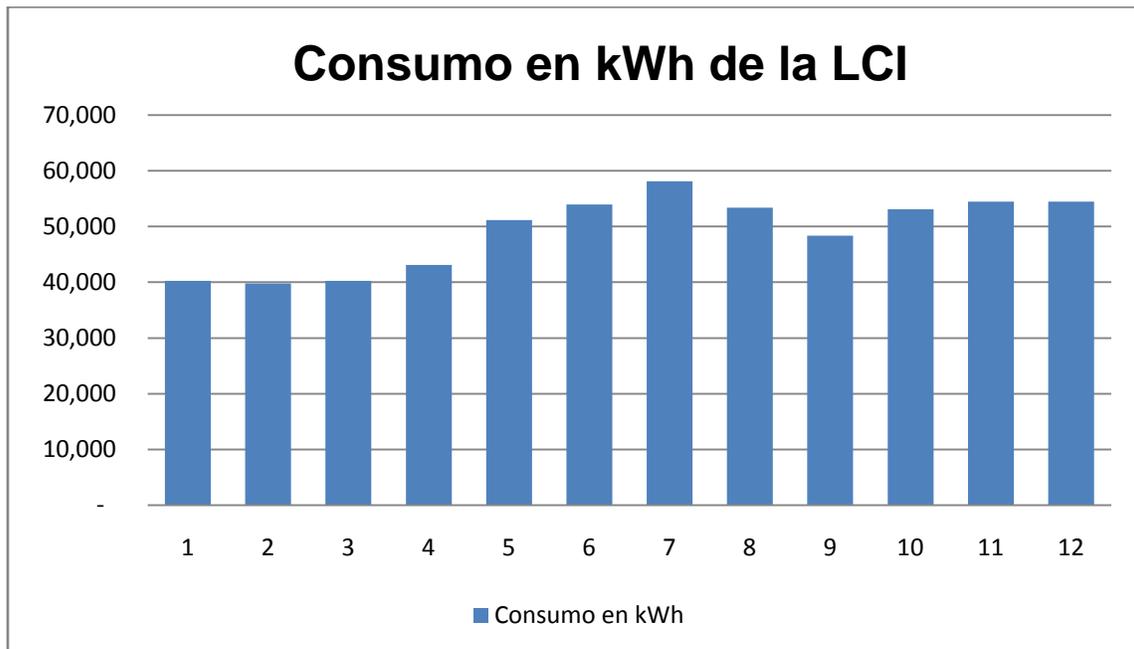
En caso de fallos del suministro eléctrico la empresa utiliza 2 generadores de electricidad de la marca Caterpillar, los cuales se utilizan tanto de forma separada como simultánea. Además, la empresa cuenta con un generador de la marca Olympa destinado al suministro de energía eléctrica exclusivamente de los Sistemas de Alimentación Ininterrumpidas (UPS, por siglas en inglés).

La línea de fundas de cemento es aquella con el mayor consumo de energía eléctrica dentro de Indusnig, esto es debido tanto al tamaño de la línea como a la cantidad de maquinarias y el tiempo de uso de las mismas. Según la información otorgada por la empresa, del total de la factura eléctrica de Indusnig, la Línea de Clientes Industriales representa un 40.80% del consumo de KWh y un 26.86% de la potencia consumida.

Tabla VII: Consumo de KWh de la LCI por período en Industrias Nigua

Período	Consumo en KWh
1	40,270
2	39,780
3	40,270
4	43,085
5	51,163
6	53,978
7	58,140
8	53,366
9	48,348
10	53,122
11	54,468
12	54,468
Promedio	49,205

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica VII: Consumo de KWh por período en la LCI

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la gráfica, la LCI tiene un consumo muy variante, siendo el consumo menor de 39,780 KWh y el consumo mayor de 58,140 KWh. El indicador para este período es de 84.03 KWh/t producido.

Factor de Potencia

Uno de los indicadores utilizados para expresar la eficiencia del consumo energético es el factor potencia. El cual, según la Comisión Federal de Electricidad (CFE) de México, “Es un indicador sobre el correcto aprovechamiento de la energía” (Comisión Federal de Electricidad, 2012), es decir, indica la cantidad energía aprovechada del total consumido.

El factor de potencia puede ser expresado en porcentajes, siendo el valor ideal el 100%, que significa “...que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo” (Comisión Federal de Electricidad, 2012). Esto se puede visualizar de la siguiente manera:

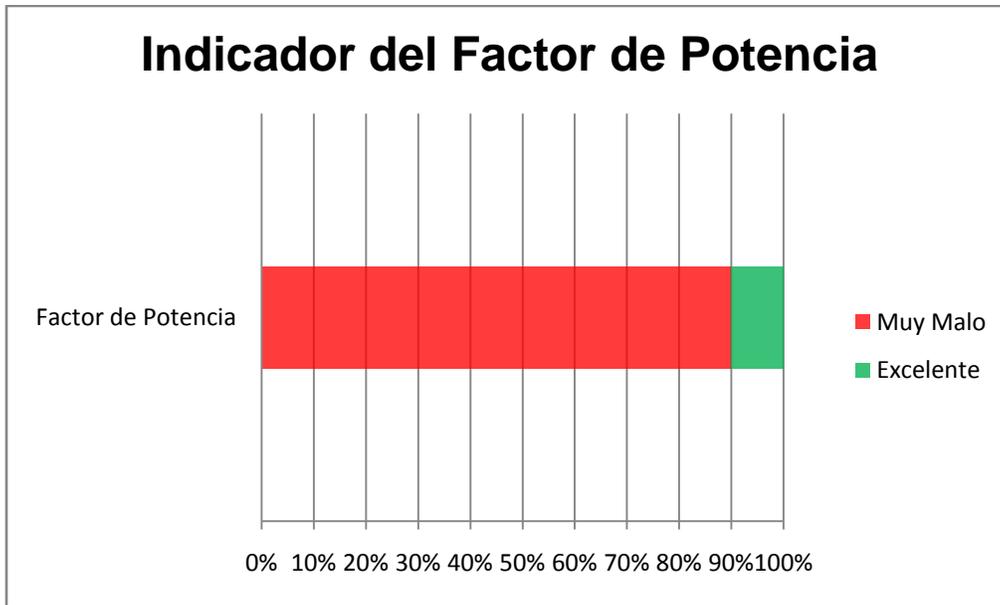


Figura VI: Indicador de la condición del factor de potencia

Fuente: Comisión Federal de Electricidad de México, Factor de Potencia

Las empresas con bajo factor de potencia son penalizadas con un incremento en el valor de la factura, en países como la República Dominicana⁷ y México⁸, la penalización aplica si el factor de potencia es menor que 90%. Este recargo se obtiene al calcular el valor restante para llegar al 90% de la eficiencia y luego multiplicarlo por el costo total de KWh facturado. Es decir, que el costo de la energía eléctrica aumentará a medida que disminuye el factor de potencia, por lo que se recomienda siempre mantenerlo sobre el estándar requerido por las leyes locales.

La CFE de México dice que “La mayoría de los equipos eléctricos utilizan potencia activa o real que es la que hace el trabajo real y utilizan también la potencia

⁷Obtenido de la Superintendencia de Electricidad, “Reglamento para la aplicación de la ley general de electricidad”

⁸Obtenido en la página web de la Comisión Federal de Electricidad de México, www.cfe.gob.mx

reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos” (Comisión Federal de Electricidad, 2012), lo que quiere decir, que esta energía reactiva no se está aprovechando al máximo, por lo que a medida que aumenta el consumo de ésta, disminuye el factor de potencia.

El valor promedio del factor de potencia de Indusnig es de un 98%, ya que la empresa cuenta con un banco de capacitores para mantener la eficiencia estable y dentro de los parámetros establecidos. Esto es posible debido a las características que poseen los capacitores, que “son elementos eléctricos que, instalados correctamente y con el valor adecuado, compensan la energía reactiva necesaria requerida por la instalación interior, elevando el Factor de Potencia por sobre los valores exigidos” (Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe, 2005).

Factor de Carga

La eficiencia del consumo de energía es importante para conocer las áreas o edificios que deben ser analizados en un período de tiempo de operación.

La eficiencia en este caso estará relacionada con el consumo de la carga instalada (KWh) en la empresa y la demanda de potencia máxima (KW) para su operación en un momento dado. El concepto de Demanda Máxima describe la demanda de potencia más alta, del período, requerida por la instalación y medida por 15 min de forma ininterrumpida.

El factor de carga es un indicador numérico importante acerca de la forma de uso de los equipos eléctricos en una instalación. Este indicador provee de algunos

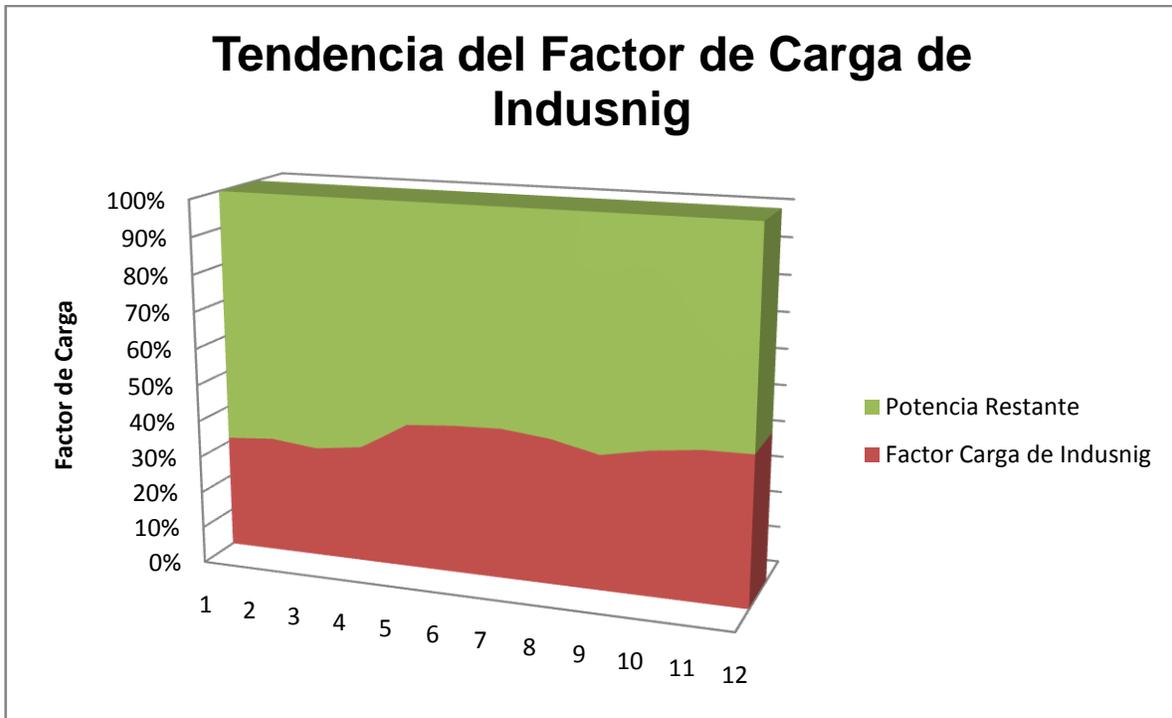
elementos de juicio que ayudan a tomar decisiones sobre esa forma de uso a nivel de los procesos productivos⁹.

La fórmula para su cálculo es: $(KWh/(KW*24*Número\ de\ días\ facturados))*100\%$; donde “este factor indica el comportamiento de la demanda comparada con su pico máximo. Lo más recomendable para las instalaciones es que su factor de carga esté lo más cercano al valor de 1, ya que demuestra una utilización constante de la carga. Pero si el factor de carga es menor que 1, se demuestra una utilización ineficiente de los equipos instalados. La ineficiencia es mayor en la medida que el factor de carga se acerca a cero (0)”⁹.

Según los datos obtenidos por el Departamento de Servicios Generales de Indusnig, ésta cuenta con un factor de carga promedio de 37.30%, para todas las líneas de la empresa, lo que indica que la potencia facturada es mayor de la que realmente se está consumiendo.

En la siguiente gráfica se observa la tendencia del factor de carga para Indusnig en general:

⁹ Obtenido de: www.cre.com.bo

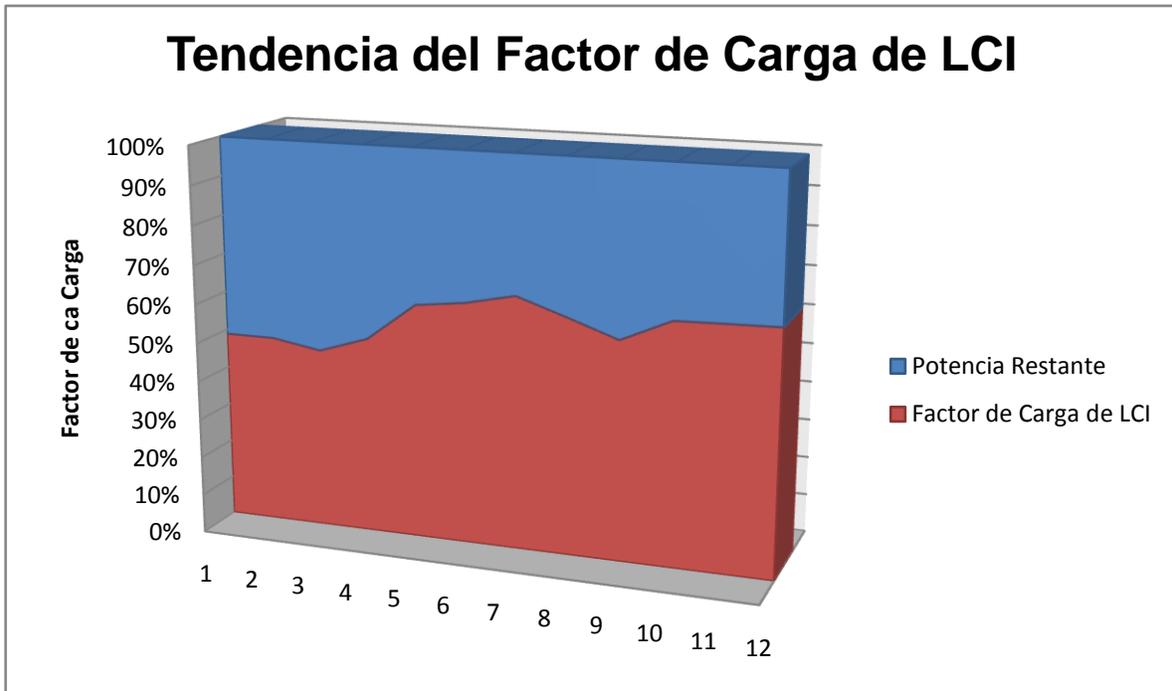


Gráfica VIII: Tendencia del factor de carga en Indusnig

Fuente: Elaboración Propia

Durante los períodos analizados, el factor de carga se mantuvo por debajo de 50%, lo que significa que la mayor parte de la potencia facturada se generó por picos de consumo.

De manera más específica, la siguiente gráfica expresa la tendencia del factor de carga de la línea de fundas de cemento de Indusnig:



Gráfica IX: Tendencia del factor de carga de la LCI

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica se observa que el factor de carga correspondiente a la LCI se mantiene por debajo de 65%. Aunque esta tendencia es mejor que la de Indusnig en general, existen oportunidades de mejora.

Durante el período observado, el factor de carga promedio de la línea de fundas de cemento de Indusnig fue de un 57.38%.

Luminaria

Por luminaria se entiende el conjunto de componentes necesarios, y auxiliares, utilizados para la emisión de luz. De acuerdo con la Comisión Internacional de la

Iluminación (CIE), luminaria se define como un “dispositivo que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más lámparas, que incluye todos los componentes necesarios para fijarlas y protegerlas y, donde corresponda, los equipos auxiliares, así como los medios necesarios para la conexión eléctrica de iluminación” (Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), 1986).

En la actualidad, las luminarias eléctricas son el tipo de fuente de luz más utilizado, ya que se pueden obtener y manejar de manera fácil. Según es definido por la CIE¹⁰, existen tres métodos básicos de conversión de energía eléctrica en radiación electromagnética (luz):

- Lámparas incandescentes: Pasando corriente a través de un cable o filamento a alta temperatura en una bombilla cerrada.
- Lámparas de descarga: Pasando corriente a través de gas o mezcla de gases en un tubo sellado.
- Lámparas LED: Pasando corriente a través de un semiconductor, es decir, a través de un diodo emisor de luz (Light Emitting Diode, por sus siglas en inglés).

De esta manera, según el método utilizado las lámparas poseen características específicas, donde las incandescentes son las más antiguas y con mayor consumo, mientras que las de descarga se encuentran en el nivel intermedio de consumo y vida útil, siendo las LED las de mayor vida útil y menor consumo, así como lo expresa la CIE, la lámpara LED “tiene muchas de las propiedades

¹⁰Obtenido del Technical Report, Road Transport Lighting for Developing Country, CIE, 2007.

deseables de una lámpara incandescente pequeña, pero con mayor eficiencia, vida más larga, y es más fuerte” (Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), 2007).

Las luminarias de tubos fluorescentes son las más utilizadas por las empresas para su iluminación. Estas constan de un cajetín o base, dos o más tubos fluorescentes, conexiones eléctricas y un balastro de tipo magnético, híbrido o electrónico.

Un tubo fluorescente¹¹ es una lámpara de descarga de mercurio de baja presión y polvo fluorescente. Mientras que un balastro¹² es un dispositivo encargado de regular y estabilizar el flujo de corriente para las lámparas, siendo los electrónicos los más eficientes en el mercado.

La luminaria de una empresa representa un gasto significativo y necesario en energía eléctrica, ya que en la mayoría de los casos, sin ésta no fuera posible la fabricación del producto o la prestación del servicio. Dependiendo del tipo de luminaria que se utilice este gasto puede ser reducido, si utiliza la correcta, o aumentado, si se utiliza la menos adecuada.

Para la iluminación de las áreas de la línea de fundas de cemento, Indusnig utiliza luminarias de tubos fluorescentes con balastos electrónicos, lámparas incandescentes y bombillos fluorescentes de bajo consumo.

¹¹Obtenido en: www.construmatica.com

¹²Obtenido en: www.lrc.rpi.edu

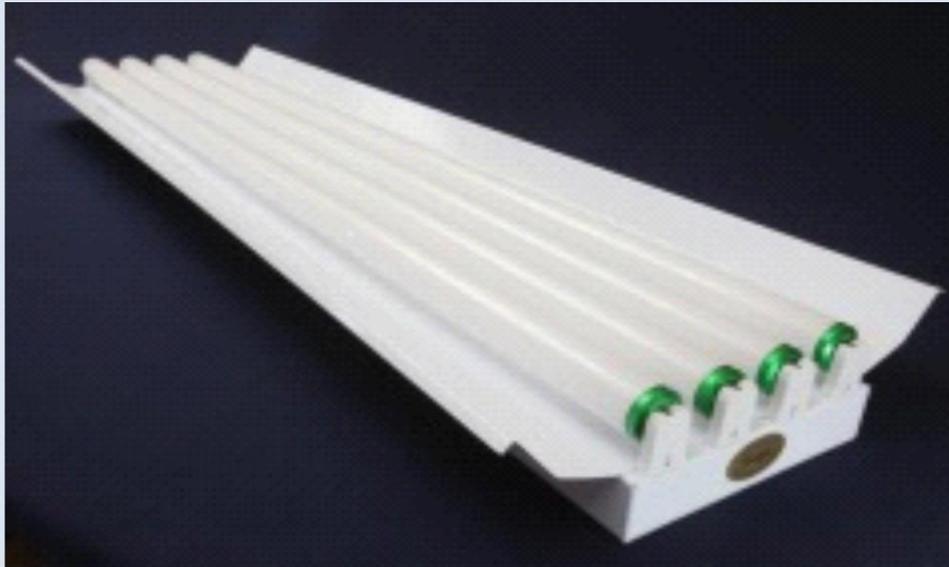
En las siguientes tablas se detallan los tipos de luminarias, sus especificaciones y las cantidades utilizadas:

Tabla VIII: Luminaria de Tubos Fluorescentes 240 cm, 110 V, 75 W, x2

Luminaria de Tubos Fluorescentes 240 cm, 110 V, 75 W, x2		
		
Referencia	Cantidad de Luminarias	Cantidad de Tubos
Almacén de Productos Terminados	21	42
Bottomer 1	8	16
Bottomer 2	9	18
Bottomer 3	9	18
Bottomer 4	9	18
Área de Cuchillas	1	2
Tubadora 2	12	24
Tubadora 4	8	16
Total	77	154

Fuente: Departamento de Servicios Generales de Industrias Nigua

Tabla IX: Luminaria de Tubos Fluorescentes 120 cm, 110 V, 40 W, x4

Luminaria de Tubos Fluorescentes 120 cm, 110 V, 40 W, x4		
		
Referencia	Cantidad de Luminarias	Cantidad de Tubos
Área General	1	4
Almacén de Materia Prima	2	8
Pizarra de Control	1	4
Total	4	16

Fuente: Departamento de Servicios Generales de Industrias Nigua

Tabla X: Luminaria de Tubos Fluorescentes 120 cm, 110 V, 20 W, x2

Luminaria de Tubos Fluorescentes 120 cm, 110 V, 20 W, x2		
		
Referencia	Cantidad de Luminarias	Cantidad de Tubos
Tubadora 4 - Área de Cola	1	2
Total	1	2

Fuente: Departamento de Servicios Generales de Industrias Nigua

Tabla XI: Luminaria de Tubos Fluorescentes 120 cm, 110 V, 40 W, x2

Luminaria de Tubos Fluorescentes 120 cm, 110 V, 40 W, x2		
		
Referencia	Cantidad de Luminarias	Cantidad de Tubos
Tubadora 4 - Área de Precorte	1	2
Total	1	2

Fuente: Departamento de Servicios Generales de Industrias Nigua

Tabla XII: Metal Halide 220 V, AC, 250 W, 1 Bombillo

Metal Halide 220 V, AC, 250 W, 1 Bombillo	
	
Referencia	Cantidad de Luminarias
Área General	8
Total	8

Fuente: Departamento de Servicios Generales de Industrias Nigua

Tabla XIII: Bombillos de bajo consumo 220 V, AC, 150 W

Bombillos de bajo consumo 220 V, AC, 150 W	
	
Referencia	Cantidad de Bombillos
Área General	5
Total	5

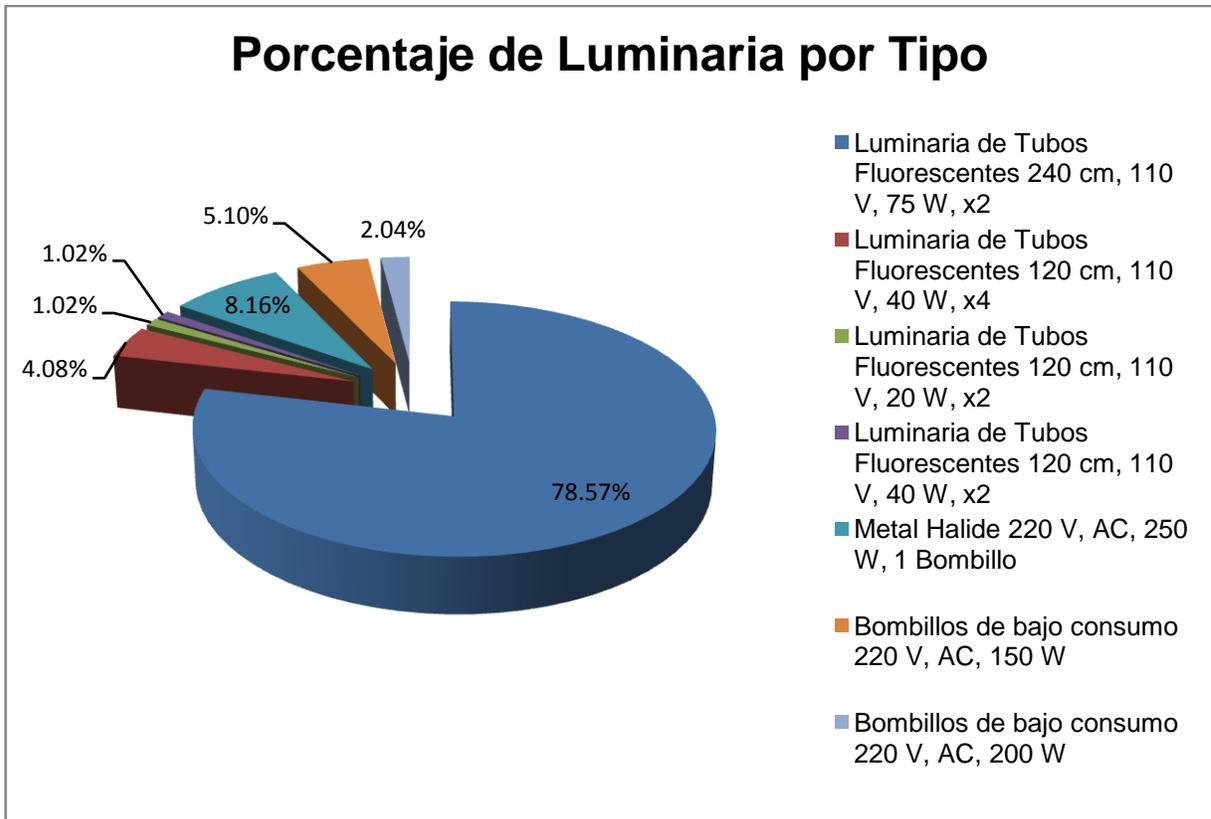
Fuente: Departamento de Servicios Generales de Industrias Nigua

Tabla XIV: Bombillos de bajo consumo 220 V, AC, 200 W

Bombillos de bajo consumo 220 V, AC, 200 W	
	
Referencia	Cantidad de Bombillos
Área General	2
Total	2

Fuente: Departamento de Servicios Generales de Industrias Nigua

La LCI tiene un total de 7 tipos de luminarias diferentes, siendo la de mayor cantidad la luminaria de tubos fluorescentes de 240 cm, 75 W. A continuación se muestran los porcentajes que representan de acuerdo a las cantidades de cada tipo:



Gráfica X: Porcentaje de Cantidad por tipo de luminaria

Fuente: Departamento de Servicios Generales de Industrias Nigua

En la gráfica se puede observar que las luminarias de 240 cm de 75 W representan el 78.57% del total de luces en la LCI. Lo que quiere decir que en estas luces es donde existe la mayor oportunidad de mejora.

Para la evaluación y análisis de aplicación de técnica de Producción más Limpia en las luminarias se determinó lo siguiente:

Debido a la gran cantidad de luminarias, y al consumo de cada una de estas, se considera que en la línea de fundas de cemento de Indusnig se encuentran oportunidades de aplicación de técnica de Producción más Limpia.

Para esto, se realiza un análisis del consumo de cada tipo de luminaria, tomando en consideración las especificaciones de consumo, el horario de trabajo y los días laborados durante un período de un año, además del 0.732 Kg de CO₂/KWh¹³ y el precio promedio de la energía eléctrica de Indusnig, el cual fue calculado anteriormente. A continuación se muestran estos datos:

Tabla XV: Datos generales para evaluación

Descripción	Valor	Unidad
Horas de trabajo por día	9	horas
Precio de KW por hora	RD\$ 8.69	RD\$/KWh
Cantidad de días trabajados en el año	264	días
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh

Fuente: Elaboración propia

A continuación se detallan los cálculos realizados para cada tipo de luminaria:

¹³ Obtenido de "Los Cocos Wind Farm Project", versión 02, 24 de febrero del 2011

Tabla XVI: Cálculo de Consumo Energético, Luminaria de 2 Tubos Fluorescentes 110 V, 75 W

Consumo Energético: Luminaria de 2 Tubos Fluorescentes 110 V, 75 W		
Descripción	Valor	Unidad
Potencia del tubo	75	W
Cantidad de luminarias	77	Luminarias
Cantidad de tubos	154	Tubos
Largo de tubos	240	Centímetros
Potencia consumida por hora	11.55	KW
Horas de trabajo por día	9	h
Potencia consumida por día	103.95	KWh/día
Precio de KW por hora	8.69	RD\$/KWh
Precio de KW por día	RD\$ 903.33	RD\$/día
Cantidad de días trabajados en el año	264	días/año
Precio de KW en el año	RD\$ 238,477.93	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	27,442.80	KWh/año
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh
Toneladas de CO ₂ producido al año	20.09	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

Tabla XVII: Cálculo de Consumo Energético, Luminaria de 4 Tubos Fluorescentes 110 V, 40 W

Consumo Energético: Luminaria de 4 Tubos Fluorescentes 110 V, 40 W		
Descripción	Valor	Unidad
Potencia del tubo	40	W
Cantidad de luminarias	4	Luminarias
Cantidad de tubos	16	Tubos
Largo de tubos	120	Centímetros
Potencia consumida por hora	0.64	KW
Horas de trabajo por día	9	h
Potencia consumida por día	5.76	KWh/día
Precio de KW por hora	8.69	RD\$/KWh
Precio de KW por día	RD\$ 50.05	RD\$/día
Cantidad de días trabajados en el año	264	días/año
Precio de KW en el año	RD\$ 13,214.36	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	1,520.64	KWh/año
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh
Toneladas de CO ₂ producido al año	1.11	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

Tabla XVIII: Cálculo de Consumo Energético, Luminaria de 2 Tubos Fluorescentes 110 V, 20 W

Consumo Energético: Luminaria de 2 Tubos Fluorescentes 110 V, 20 W		
Descripción	Valor	Unidad
Potencia del tubo	20	W
Cantidad de luminarias	1	Luminarias
Cantidad de tubos	2	Tubos
Largo de tubos	60	Centímetros
Potencia consumida por hora	0.04	KW
Horas de trabajo por día	9	h
Potencia consumida por día	0.36	KWh/día
Precio de KW por hora	8.69	RD\$/KWh
Precio de KW por día	RD\$ 3.13	RD\$/día
Cantidad de días trabajados en el año	264	días/año
Precio de KW en el año	RD\$ 825.90	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	95.04	KWh/año
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh
Toneladas de CO ₂ producido al año	0.07	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

Tabla XIX: Cálculo de Consumo Energético, Luminaria de 2 Tubos Fluorescentes 110 V, 40 W

Consumo Energético: Luminaria de 2 Tubos Fluorescentes 110 V, 40 W		
Descripción	Valor	Unidad
Potencia del tubo	40	W
Cantidad de luminarias	1	Luminarias
Cantidad de tubos	2	Tubos
Largo de tubos	120	Centímetros
Potencia consumida por hora	0.08	KW
Horas de trabajo por día	9	h
Potencia consumida por día	0.72	KWh/día
Precio de KW por hora	8.69	RD\$/KWh
Precio de KW por día	RD\$ 6.26	RD\$/día
Cantidad de días trabajados en el año	264	días/año
Precio de KW en el año	RD\$ 1,651.80	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	190.08	KWh/año
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh
Toneladas de CO ₂ producido al año	0.14	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

Tabla XX: Cálculo de Consumo Energético, Luminaria Metal Halide 220 V, 250 W, 1 Bombillo

Consumo Energético: Luminaria Metal Halide 220 V, 250 W, 1 Bombillo		
Descripción	Valor	Unidad
Potencia del bombillo	250	W
Cantidad	8	Bombillos
Potencia consumida por hora	2	KW
Horas de trabajo por día	9	h
Potencia consumida por día	18.00	KWh/día
Precio de KW por hora	8.69	RD\$/KWh
Precio de KW por día	RD\$ 156.42	RD\$/día
Cantidad de días trabajados en el año	264	días/año
Precio de KW en el año	RD\$ 41,294.88	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	4,752.00	KWh/año
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh
Toneladas de CO ₂ producido al año	3.48	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXI: Cálculo de Consumo Energético: Bombillo de Bajo Consumo 220 V, 150 W

Consumo Energético: Bombillo de Bajo Consumo 220 V, 150 W		
Descripción	Valor	Unidad
Potencia del bombillo	150	W
Cantidad	5	Bombillos
Potencia consumida por hora	0.75	KW
Horas de trabajo por día	9	h
Potencia consumida por día	6.75	KWh/día
Precio de KW por hora	8.69	RD\$/KWh
Precio de KW por día	RD\$ 58.66	RD\$/día
Cantidad de días trabajados en el año	264	días/año
Precio de KW en el año	RD\$ 15,485.58	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	1,782.00	KWh/año
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh
Toneladas de CO ₂ producido al año	1.30	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXII: Cálculo de Consumo Energético: Bombillo de Bajo Consumo 220 V, 200 W

Consumo Energético: Bombillo de Bajo Consumo 220 V, 200 W		
Descripción	Valor	Unidad
Potencia del bombillo	200	W
Cantidad	2	Bombillos
Potencia consumida por hora	0.4	KW
Horas de trabajo por día	9	h
Potencia consumida por día	3.60	KWh/día
Precio de KW por hora	8.69	RD\$/KWh
Precio de KW por día	RD\$ 31.28	RD\$/día
Cantidad de días trabajados en el año	264	días/año
Precio de KW en el año	RD\$ 8,258.98	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	950.40	KWh/año
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh
Toneladas de CO ₂ producido al año	0.70	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

Para cada luminaria se calculó el consumo y el costo de KWh por día y por año, y el total de toneladas de CO₂ producidas por año.

En la siguiente tabla se muestra un sumario de los cálculos realizados para la LCI:

Tabla XXIII: Sumario de cálculos de Consumos Energético de la LCI

Sumario		
Descripción	Valor	Unidad
Precio de KW en el año	RD\$ 319,209.42	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	36,732.96	KWh/año
Tonelada de CO ₂ producido al año	26.89	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

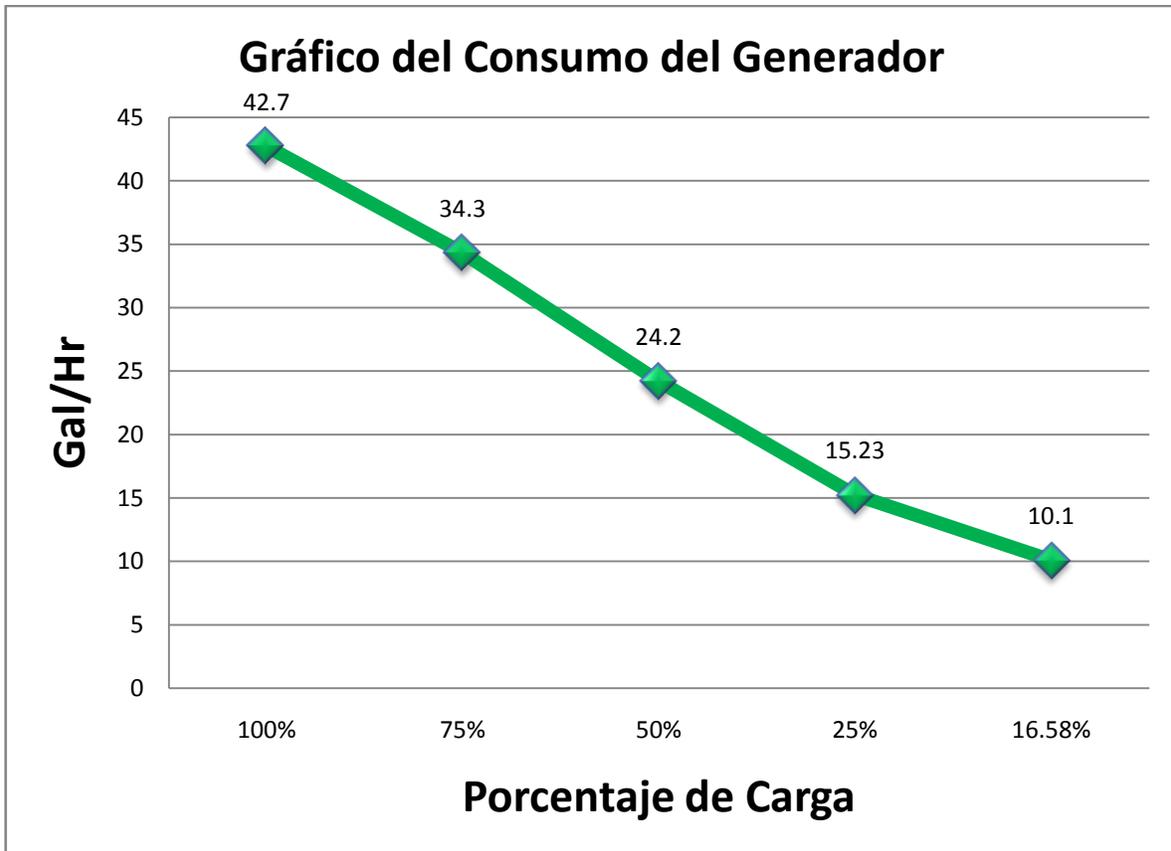
En total la línea de fundas de cemento consume 36,733 KWh/año, que equivale a RD\$ 319,209.00 al año, sólo de gastos de consumo de luminaria, además de una generación de 26.89 toneladas de CO₂ al año.

3.1.2.2- Combustible

Para el funcionamiento de los generadores eléctricos antes mencionados, Indusnig utiliza Gasoil. Para los generadores Caterpillar se utiliza un depósito de combustible cilíndrico con una capacidad de 340 galones.

Durante la investigación se analizó el consumo de uno de los generadores Caterpillar, basado en la cantidad de galones de combustible utilizados por hora de operación y tomando en cuenta la información técnica del mismo. Como resultado se obtuvo que el generador tiene un consumo de 10.1 galones por hora.

Una vez obtenida dicha información se realizó la siguiente curva de consumo del generador, basado en los datos del fabricante:



Gráfica XI: Curva de consumo de generador Caterpillar 3412

Fuente: Manual Caterpillar Standby 600 eKW, 750 kVA, 60 Hz, 1800 rpm & 480 V

Como se puede observar en la gráfica, el consumo se encuentra por debajo de 25% de la capacidad total del generador, se estima que es un 16.58%. Esto quiere decir que se está trabajando a baja capacidad, lo cual ocasiona que el consumo de combustible sea bajo.

Ya que el porcentaje de consumo de combustible se mantiene al mínimo, no es posible hacer recomendaciones de aplicación de la estrategia de Producción más Limpia, que estarían relacionadas al mantenimiento y al ajuste del motor. Esto se debe a que la relación costo-beneficio no es técnicamente factible.

CAPÍTULO IV- PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (PML)

4.1- Consumo de Materiales

La mayor cantidad de desperdicio de papel en la Línea de Clientes Industriales es generado por las maquinarias, tanto por las tubadoras como por las bottomers, lo que indica que para reducir este desperdicio se deben tomar acciones referentes a las mismas.

Como parte de esta investigación se trató de contactar diferentes proveedores de máquinas de conversión de papel para la fabricación de fundas de cemento, con el fin de conseguir el costo de adquisición de versiones más actualizadas.

De las empresas que se trataron de contactar, entre ellas de procedencia asiática y europea, se estableció una comunicación vía correo electrónico con Windmüller & Hölscher, a través del Gerente Regional de Ventas localizado en Alemania, quien proporcionó un precio estimado de los productos solicitados.

Aunque en primera instancia se tenía pensado recomendar la adquisición de nuevas maquinarias para reducir la generación de desperdicios, esta opción no se consideró económicamente factible para la empresa, ya que implica incurrir en un costo de millones de euros. Por esta razón es que en la actualidad se ha

mantenido en el mercado de las maquinarias usadas, las cuales han sido en su mayoría actualizadas o restauradas para su mejor funcionamiento.

Como se mencionó anteriormente, durante la investigación, el equipo se percató de que la mayor cantidad de desperdicio se genera en las tubadoras y las bottomers, principalmente al momento de realizar las configuraciones al inicio de una corrida de producción, ya que luego de que el proceso entra en control, el nivel de desperdicio disminuye o prácticamente desaparece. Por esta razón se propone la capacitación del personal y la realización de un diagnóstico del estado actual de las maquinarias.

Implementación

Se propone que se solicite un técnico a la empresa Windmöller & Hölscher, ya que la mayoría de las máquinas en la Línea de Clientes Industriales corresponden a este fabricante.

El técnico realizaría un diagnóstico del estado actual de estas máquinas, para proponer los ajustes necesarios y capacitar al personal sobre la manera correcta de realizar las configuraciones de producción (Set up).

Procedimiento

El procedimiento para la implementación de esta opción es sencillo, este se detalla a continuación:

- Contactar a la empresa Windmöller & Hölscher para que envíe un técnico regional.
- Una vez en la empresa, el técnico realiza el diagnóstico de las máquinas.

- Al finalizar, el técnico presenta las oportunidades de mejora de la maquinaria.
- Luego de presentar el reporte, el técnico capacita al personal operativo en cuanto a la configuración de la maquinaria y su uso correcto.
- A partir de este punto la empresa analiza si las opciones del técnico les son factibles para la restauración de las máquinas, para luego implementarlas.

Justificación

El utilizar a un técnico, experimentado, de la empresa Windmüller & Hölscher garantizaría un análisis del estado actual de las maquinarias y la capacitación a los empleados en cuanto a su uso correcto, porque se emplearían las últimas técnicas para mejorar la capacidad de producción con el mínimo de desperdicio generado.

Inversión

Asumiendo que traer un técnico de Windmüller & Hölscher tiene un costo aproximado de 1,000 Euros por día y que el mismo trabajaría en la Línea de Clientes Industriales por 5 días, conllevaría a una inversión de 5,000 Euros.

Factibilidad Técnica

Es posible solicitar un técnico del suplidor para realizar lo requerido dentro de la misma empresa. Si se trasladan las maquinarias al suplidor, se tendría una parada de planta donde no habría producción.

Factibilidad Económica

Se estima que con la aplicación de esta opción, la empresa lograría reducir sus desperdicios de papel a más de un 4%, lo que se traduciría en un 4% de mejora, es decir, RD\$ 1,111,364.24 promedio de ahorro por período (se asume un mes).

Debido a que la inversión necesaria es de 5,000 Euros, que en base a la tasa del euro del banco central¹⁴ (al día 19 de julio del 2013), equivale a RD\$ 279,304.50, no se realizó cálculo de retorno de inversión, ya que esta inversión se paga con el primer período (8 días) transcurrido luego de la implementación.

Factibilidad Ambiental

Con la aplicación de Producción más Limpia, la empresa reducirá el desperdicio de papel en aproximadamente 4%, esto significa que la empresa contribuirá a que sea necesaria una menor cantidad de árboles para la fabricación de fundas de cemento en Indusnig.

4.2- Consumo de Energía

4.2.1- Energía Eléctrica

El análisis realizado en el área de energía eléctrica muestra que hay puntos donde se puede mejorar, por lo que se proponen dos opciones, la primera utilizando el factor de carga de la línea y la segunda enfocada en la luminaria de la misma.

Estas opciones son desarrolladas a continuación:

¹⁴Obtenido de la página web del Banco Central, www.bancentral.gov.do

4.2.1.1- Opción Factor de Carga

Usando el factor de carga como indicador de eficiencia, se pueden obtener mejoras en el reglón de la energía eléctrica. Estas mejoras se obtienen de la siguiente manera:

Procedimiento

Si se encienden las máquinas de forma escalonada, esperando el tiempo de estabilización entre cada una, se lograría una reducción en la potencia de punta consumida por la línea, afectando de manera positiva el factor de carga.

Justificación

La potencia promedio consumida en la Línea de Clientes Industriales durante el período estudiado fue de 119.104 KW, mientras que el consumo promedio por período fue de 49,205 KWh, al reducir la potencia promedio consumida a 85 KW, se lograría un ahorro de 34.104 KW, lo que se traduce en una reducción de RD\$11,608.65 por período, considerando que el precio promedio de la potencia es de RD\$340.39. Asimismo, dicha acción provocaría el aumento del factor de carga promedio a un 80%.

Factibilidad técnica

Es posible encender las máquinas de la línea de producción de fundas de cemento de forma escalonada. Esto no implica ningún cambio o gasto adicional, ya que este proceso de encendido de máquinas se puede realizar la primera hora de trabajo, mientras se revisa la planificación del día y se realizan los ajustes necesarios a las máquinas.

Factibilidad económica

Con la realización del encendido escalonado dentro del horario de trabajo, se generaría un beneficio de RD\$11,608.65 por período. Lo que representa una ganancia directa para la empresa.

Factibilidad Ambiental

La factibilidad ambiental trata de describir como la opción de mejora, factor de carga, ayuda al ambiente, en este caso el indicador es la reducción de CO₂ al reducir la generación eléctrica.

Debido a que la potencia máxima requerida por la instalación varía continuamente, lo que depende del ritmo de producción generado en la empresa, la estimación de la factibilidad ambiental, estará relacionada al ahorro de potencia 34.104 KW, si se asume que en promedio se mantiene 1 hora por período, entonces se dejaría de generar 34.104 KWh por período, si el período es de un mes, entonces anualmente se tendría una reducción de la contaminación por generación eléctrica¹⁵, del orden de 299.57 Kg de CO₂ con sólo mejorar el factor de carga a un 80%.

4.2.1.2- Opción Luminaria

Como se mencionó anteriormente, la LCI utiliza luminarias fluorescentes e incandescentes, las cuales, en comparación con la luminaria LED, poseen un consumo mayor de energía eléctrica, y una vida útil menor. A partir de esto, se realizaran opciones para la sustitución de estas luminarias.

¹⁵Obtenido de: www.lrc.rpi.edu

Se consideraron dos alternativas, donde ambas involucran la sustitución de las luminarias actuales, por unas más modernas, las luminarias LED.

De acuerdo con la Asociación Española de Fabricantes de Iluminación (ANFALUM), un LED “es un diodo compuesto por la superposición de varias capas de material semiconductor que emite luz en una o más longitudes de onda (colores) cuando es polarizado correctamente” (Asociación Española de Fabricantes de Iluminación (ANFALUM), 2010). Es decir, es un pequeño bombillo, el cual se enciende cuando la corriente pasa a través de él, sin la necesidad de gases, ni los factores negativos de la luz incandescente.

De acuerdo con Sharp, “las luces LED son mucho más fuertes y resistentes a daños que los bombillos ordinarios y los tubos fluorescentes” (Sharp: Microelectronics of the Americas, 2012), lo cual convierte la luminaria LED en una opción muy prometedora, ya que además de su ahorro en energía eléctrica y su vida útil, es más resistente que sus semejantes.

Según los proveedores de luminaria LED, la vida útil de estas son de 50,000 horas promedio, en comparación con las luminarias de tubos fluorescentes, que poseen una vida útil promedio de 7,000 horas. Esto, además del ahorro en consumo, nos ofrece una gran ventaja.

4.2.1.2.1- Alternativa 1

Implementación

La alternativa 1 consiste en sustituir cada luminaria de tubo fluorescente de 240 cm, 75 W, por luminaria de tubos LED de 120 cm, 18 W. Para poder lograr este objetivo, las bases o cajetines de cada una será sustituida por otra del tamaño correspondiente.

Por otro lado, los tubos fluorescentes de 120 cm, 40 W, serán sustituidos por tubos LED de 120 cm, 18 W, los tubos fluorescentes de 60 cm, 20 W, por tubos LED de 60 cm, 9 W, y las luminarias de bombillos, serán sustituidas por bombillos LED de 60 W.

A continuación se muestra el total de luminaria de cada tipo, con imágenes de cada producto propuesto:

Tabla XXIV: Luminaria de Tubos LED T8 120 cm, 110 V, 18 W, x2

Luminaria de Tubos LED T8 120 cm, 110 V, 18 W, x2		
		
Referencia	Cantidad de Luminarias	Cantidad de Tubos
Almacén de Productos Terminados	42	84
Bottomer 1	16	32
Bottomer 2	18	36
Bottomer 3	18	36
Bottomer 4	18	36
Área de Cuchillas	2	4
Tubadora 2	24	48
Tubadora 4	17	34
Área General	1	4
Almacén de Materia Prima	2	8
Pizarra de Control	1	4
Total	159	326

Fuente: Elaboración propia

Imagen: Extraída de www.ebay.com

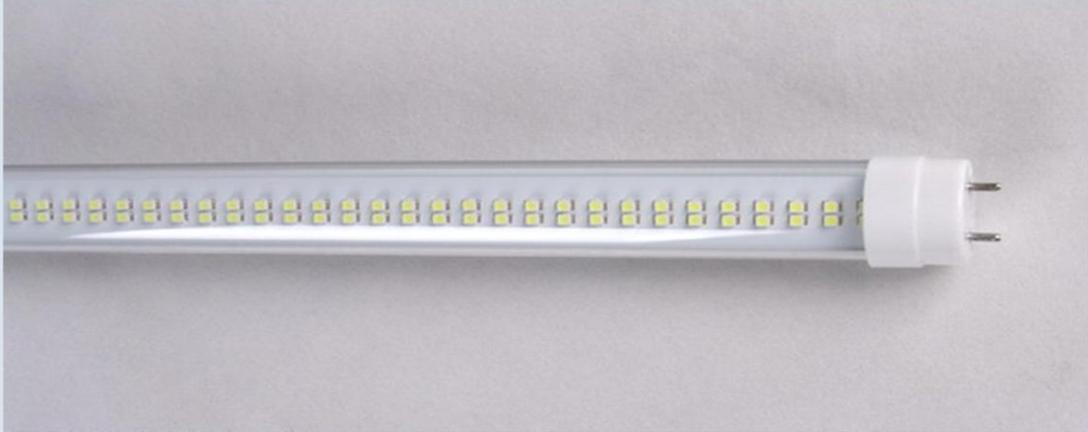
Tabla XXV: Luminaria de Tubos LED T8 120 cm, 110 V, 18 W, x4

Luminaria de Tubos LED T8 120 cm, 110 V, 18 W, x4		
		
Referencia	Cantidad de Luminarias	Cantidad de Tubos
Área General	1	4
Almacén de Materia Prima	2	8
Pizarra de Control	1	4
Total	4	16

Fuente: Elaboración propia

Imagen: Extraída de www.ebay.com

Tabla XXVI: Luminaria de Tubos LED T8 120 cm, 110 V, 9 W, x2

Luminaria de Tubos LED T8 120 cm, 110 V, 9 W, x2		
		
Referencia	Cantidad de Luminarias	Cantidad de Tubos
Tubadora 4 - Área de Cola	1	2
Total	1	2

Fuente: Elaboración propia

Imagen: Extraída de www.ebay.com

Tabla XXVII: Bombillos LED, E40, 220 V, 60 W

Bombillos LED, E40, 220 V, 60 W	
	
Referencia	Cantidad de Luminarias
Área General	15
Total	15

Fuente: Elaboración propia

Imagen: Extraída de www.ebay.com

Procedimiento

Luego de adquirir las luminarias se debe seguir el siguiente procedimiento para la instalación de los equipos:

- Luminarias de tubos:
 - a- Se remueven todos los tubos fluorescentes y cajetines de 240 cm.
 - b- Se instalan los cajetines nuevos de 120 cm.
 - c- Se remueven los tubos de 40 W y de 20 W.
 - d- Se desinstalan los balastos de los cajetines viejos.
 - e- Se realizan las instalaciones eléctricas directamente a los tubos, sin la necesidad de balastos.
 - f- Se instalan los tubos LED y se prueba.

Estos pasos son resumidos por Phillips con la siguiente imagen en su manual de instalación:

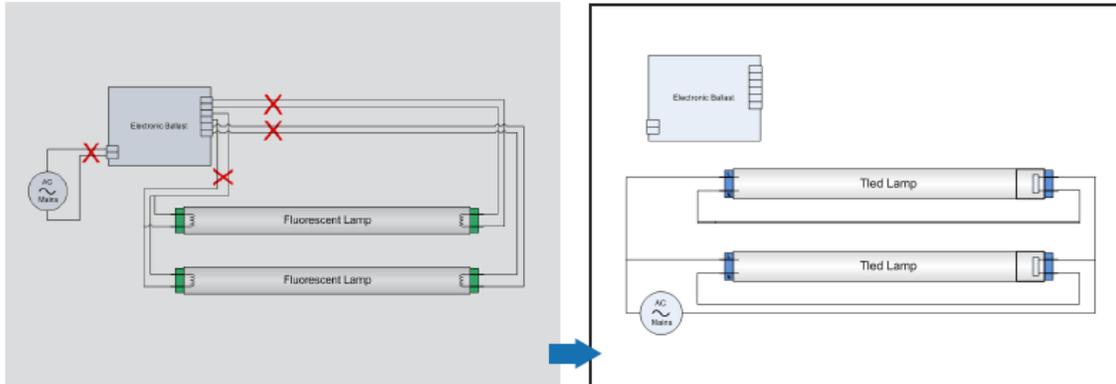


Figura VII: Guía de sustitución de luminaria de tubos fluorescentes por luminaria de tubos LED.

Fuente: Phillips Quick Installation Guide

- Luminarias de bombillos:
 - a- Se remueven todos los bombillos fluorescentes.
 - b- Para las luminarias Metal Halide, se remueve el balastro y el capacitor, sólo se desea utilizar la campana de ésta.
 - c- Se realizan las conexiones eléctricas.
 - d- Se instalan los bombillos LED y se prueba.

En la siguiente imagen son señaladas las partes a remover:

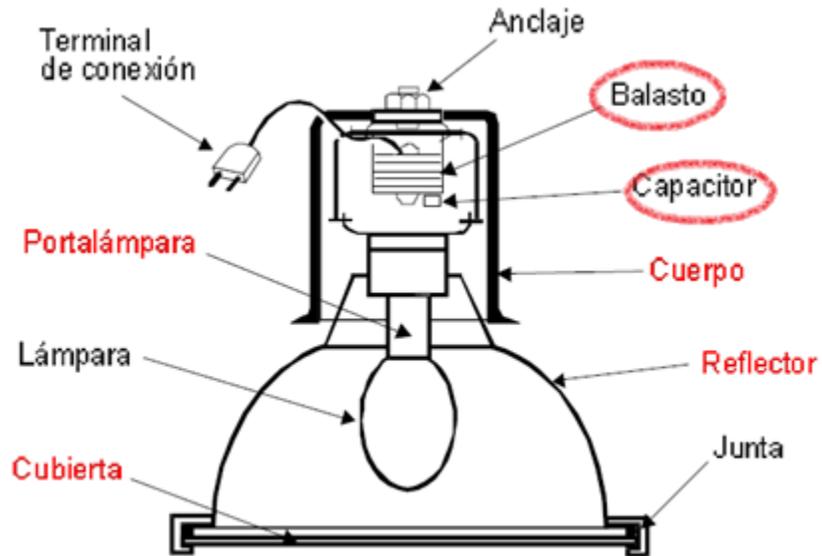


Figura VIII: Partes a remover de luminaria con campana

Fuente: Cap. 5, Luminarias para la Iluminación de Interiores

Justificación

La alternativa se diseñó con el fin de obtener ahorros en la factura eléctrica y estandarizar las luces que se utilizan en la LCI, ya que esta línea posee muchos tipos luminarias.

A continuación se muestran las tablas que contienen los cálculos de cada luminaria que será sustituida:

- Para sustituir la luminaria de 2 tubos fluorescentes 110V, 75 W, se plantea lo siguiente:

Tabla XXVIII: Cálculo de Consumo Energético: Luminaria de 2 Tubos LED TG-T8 110 V, 18 W

Consumo Energético: Luminaria de 2 Tubos LED TG-T8 110 V, 18 W		
Descripción	Valor	Unidad
Potencia del tubo	18	W
Cantidad de luminarias	154	Luminarias
Cantidad de tubos	308	Tubos
Largo de tubos	120	Centímetros
Potencia consumida por hora	5.544	KW
Horas de trabajo por día	9	h
Potencia consumida por día	49.90	KWh/día
Precio de KW por hora	8.69	RD\$/KWh
Precio de KW por día	RD\$ 433.60	RD\$/día
Cantidad de días trabajados en el año	264	días/año
Precio de KW en el año	RD\$ 114,469.41	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	13,172.54	KWh/año
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh
Toneladas de CO ₂ producido al año	9.64	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

- Para la sustitución de la luminaria de 4 tubos fluorescentes 110 V, 40 W, se recomienda la siguiente:

Tabla XXIX: Cálculo de Consumo Energético: Luminaria de 4 Tubos LED TG-T8 110 V, 18 W

Consumo Energético: Luminaria de 4 Tubos LED TG-T8 110 V, 18 W		
Descripción	Valor	Unidad
Potencia del tubo	18	W
Cantidad de luminarias	4	Luminarias
Cantidad de tubos	16	Tubos
Largo de tubos	120	Centímetros
Potencia consumida por hora	0.288	KW
Horas de trabajo por día	9	h
Potencia consumida por día	2.59	KWh/día
Precio de KW por hora	8.69	RD\$/KWh
Precio de KW por día	RD\$ 22.52	RD\$/día
Cantidad de días trabajados en el año	264	días/año
Precio de KW en el año	RD\$ 5,946.46	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	684.29	KWh/año
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh
Toneladas de CO ₂ producido al año	0.50	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

- Para la sustitución de la luminaria de 2 tubos fluorescentes 110 V, 20 W, se propone la siguiente:

Tabla XXX: Cálculo de Consumo Energético: Luminaria de 2 Tubos LED T8 110 V, 9 W

Consumo Energético: Luminaria de 2 Tubos LED T8 110 V, 9 W		
Descripción	Valor	Unidad
Potencia del tubo	9	W
Cantidad de luminarias	1	Luminarias
Cantidad de tubos	2	Tubos
Largo de tubos	60	Centímetros
Potencia consumida por hora	0.018	KW
Horas de trabajo por día	9	h
Potencia consumida por día	0.16	KWh/día
Precio de KW por hora	8.69	RD\$/KWh
Precio de KW por día	RD\$ 1.41	RD\$/día
Cantidad de días trabajados en el año	264	días/año
Precio de KW en el año	RD\$ 371.65	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	42.77	KWh/año
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh
Toneladas de CO ₂ producido al año	0.03	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

- Para el reemplazo de la luminaria de 2 tubos fluorescentes de 110 V, 40 W, se establece la siguiente:

Tabla XXXI: Cálculo de Consumo Energético: Luminaria de 2 Tubos LED TG-T8 110 V, 18 W

Consumo Energético: Luminaria de 2 Tubos LED TG-T8 110 V, 18 W		
Descripción	Valor	Unidad
Potencia del tubo	18	W
Cantidad de luminarias	1	Luminarias
Cantidad de tubos	2	Tubos
Largo de tubos	120	Centímetros
Potencia consumida por hora	0.036	KW
Horas de trabajo por día	9	h
Potencia consumida por día	0.32	KWh/día
Precio de KW por hora	8.69	RD\$/KWh
Precio de KW por día	RD\$ 2.82	RD\$/día
Cantidad de días trabajados en el año	264	días/año
Precio de KW en el año	RD\$ 743.31	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	85.54	KWh/año
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh
Toneladas de CO ₂ producido al año	0.06	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

- Ahora para el remplazado de la luminaria Metal Halide 220 V, 250 W, de un bombillo, se recomienda lo siguiente:

Tabla XXXII: Cálculo de Consumo Energético: Bombillo LED 220 V, 60 W

Consumo Energético: Bombillo LED 220 V, 60 W		
Descripción	Valor	Unidad
Potencia del bombillo	60	W
Cantidad	8	Bombillos
Potencia consumida por hora	0.48	KW
Horas de trabajo por día	9	h
Potencia consumida por día	4.32	KWh/día
Precio de KW por hora	8.69	RD\$/KWh
Precio de KW por día	RD\$ 37.54	RD\$/día
Cantidad de días trabajados en el año	264	días/año
Precio de KW en el año	RD\$ 9,910.77	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	1,140.48	KWh/año
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh
Toneladas de CO ₂ producido al año	0.83	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

- Para la sustitución de los bombillos de bajo consumo 220 V, 150 W, se recomienda lo siguiente:

Tabla XXXIII: Cálculo de Consumo Energético: Bombillo LED 220 V, 60 W

Consumo Energético: Bombillo LED 220 V, 60 W		
Descripción	Valor	Unidad
Potencia del bombillo	60	W
Cantidad	5	Bombillos
Potencia consumida por hora	0.3	KW
Horas de trabajo por día	9	h
Potencia consumida por día	2.70	KWh/día
Precio de KW por hora	8.69	RD\$/KWh
Precio de KW por día	RD\$ 23.46	RD\$/día
Cantidad de días trabajados en el año	264	días/año
Precio de KW en el año	RD\$ 6,194.23	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	712.80	KWh/año
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh
Toneladas de CO ₂ producido al año	0.52	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

- Por último, para la sustitución de los bombillos de bajo consumo 220 V, 200 W, se recomienda lo siguiente:

Tabla XXXIV: Cálculo de Consumo Energético: Bombillo LED 220 V, 60 W

Consumo Energético: Bombillo LED 220 V, 60 W		
Descripción	Valor	Unidad
Potencia del bombillo	60	W
Cantidad	2	Bombillos
Potencia consumida por hora	0.12	KW
Horas de trabajo por día	9	h
Potencia consumida por día	1.08	KWh/día
Precio de KW por hora	8.69	RD\$/KWh
Precio de KW por día	RD\$ 9.39	RD\$/día
Cantidad de días trabajados en el año	264	días/año
Precio de KW en el año	RD\$ 2,477.69	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	285.12	KWh/año
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh
Toneladas de CO ₂ producido al año	0.21	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

Los resultados totales de la implementación de la alternativa 1 se muestran en la siguiente tabla:

Tabla XXXV: Sumario de cálculo de consumo energético de la alternativa 1 de luminaria

Sumario		
Descripción	Valor	Unidad
Precio de KW en el año	RD\$ 140,113.53	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	16,123.54	KWh/año
Toneladas de CO ₂ producido al año	11.80	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

La planta de la LCI consumiría un estimado de 16,123.54 KWh/año, lo que representa RD\$ 140,113.53 al año. Por otro lado, el CO₂ producido al año sería de 11.80 toneladas.

La diferencia entre el sumario del estado actual y el de la alternativa 1 es expresada en el siguiente cuadro, siendo este el beneficio para la línea:

Tabla XXXVI: Sumario de beneficios de la alternativa 1

Sumario de Beneficios		
Descripción	Valor	Unidad
Ahorro en costos de KW en el año	RD\$ 179,095.89	RD\$/año
Ahorro en KW por hora al año	20,609.42	KWh/año
Reducción en toneladas de CO ₂ producido al año	15.09	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

Inversión

Para la implementación de la alternativa 1, se necesita una inversión inicial de RD\$ 1,040,815.88. Esta incluye los gastos de manejo, transportación e instalación de los equipos, así como se muestra a continuación:

Tabla XXXVII: Inversión inicial de la alternativa 1 de luminarias

Ítem	Costo unitario	Manejo y Envío	ITBIS	Cantidad	Costo Total
Cajetín o Base	RD\$ 1,436.40	RD\$ -	RD\$ 258.55	154	RD\$ 261,022.61
Tubo LED TG-T8 110 V, 18 W	RD\$ 1,400.00	RD\$ -	RD\$ 252.00	326	RD\$ 538,552.00
Tubo LED T8 110 V, 9 W	RD\$ 900.00	RD\$ -	RD\$ 162.00	2	RD\$ 2,124.00
Bombillo LED 220 V, 60 W	RD\$ 6,289.58	RD\$ 9,015.06	RD\$ -	15	RD\$ 103,358.68
Instalación (15% del total)	RD\$ -	RD\$ -	RD\$ -	1	RD\$ 135,758.59
Total					RD\$ 1,040,815.88

Fuente: Elaboración propia

El cajetín y los tubos LED fueron cotizados en Santo Domingo, República Dominicana, y al precio se le sumo un 18% de ITBIS por ley. Mientras que los bombillos LED de 220 V, 60 W, fueron cotizados en la tienda online www.ebay.com, utilizando la tasa del dólar al día 28 de junio 2013 de RD\$ 41.9305 por dólar, asignándole al envío lo establecido por el proveedor a República Dominicana.

Factibilidad Técnica

La factibilidad técnica de la implementación de la alternativa 1 se enfoca en que la LCI contaría con sistema de luminaria estandarizado, es decir, las luminarias LED utilizadas alrededor de toda la línea, se podrán intercambiar entre si y no habrá problemas de diferencia de tamaño.

Por otro lado, de acuerdo con la información promocionada por los proveedores, las luminarias LED tienen una vida útil de 50,000 horas, mientras que los tubos

fluorescentes poseen una vida útil promedio de 7,000 horas. Esto se traduce en una menor cantidad de horas invertidas en trabajos de mantenimiento y sustitución de luminarias.

Factibilidad Económica

Con la aplicación de la alternativa 1, la LCI generaría un beneficio económico de RD\$ 179,095.89 por año en la facturación de la energía eléctrica. Esto representa un gran ahorro al momento de que se complete el pago de la inversión inicial.

El cálculo del retorno de inversión de las alternativas se realizó de dos maneras: tomando en consideración un préstamo para proyectos con una tasa del 12.34% anual¹⁶ y trabajando con capital de la empresa. Esto se muestra a continuación:

Tabla XXXVIII: Cálculo de retorno de inversión de la alternativa 1 de la luminaria

Proyecto de cambios de luminarias - Alternativa 1					
VAN	RD\$	6,983.59	Retorno de Inversión - Detalle Año-mes-día		
VAN / Inversión		0.67%			
TIR		12.49%			
			Años	Meses	Días
Retorno de Inversión (Años)		5.8	5.00	9.00	22.1
Retorno de Inversión actualizado (Años)		10.9	10.00	10.00	9.5
Inversión Inicial	RD\$	1,040,815.88	Ahorro Anual		RD\$ 179,095.89
Tasa de descuento estimada del proyecto					12.34%
Año	Flujo de caja	Acumulativo	Importes (Flujo de Caja) Actualizado	Acumulativo del Actualizado	
0	RD\$ (1,040,815.88)	RD\$ (1,040,815.88)	RD\$ (1,040,815.88)	RD\$ (1,040,815.88)	
1	RD\$ 179,095.89	RD\$ (861,719.99)	RD\$ 159,423.09	RD\$ (881,392.80)	
2	RD\$ 179,095.89	RD\$ (682,624.09)	RD\$ 141,911.24	RD\$ (739,481.56)	
3	RD\$ 179,095.89	RD\$ (503,528.20)	RD\$ 126,322.98	RD\$ (613,158.58)	
4	RD\$ 179,095.89	RD\$ (324,432.31)	RD\$ 112,447.02	RD\$ (500,711.56)	
5	RD\$ 179,095.89	RD\$ (145,336.41)	RD\$ 100,095.26	RD\$ (400,616.29)	
6	RD\$ 179,095.89	RD\$ 33,759.48	RD\$ 89,100.29	RD\$ (311,516.00)	
7	RD\$ 179,095.89	RD\$ 212,855.38	RD\$ 79,313.06	RD\$ (232,202.94)	
8	RD\$ 179,095.89	RD\$ 391,951.27	RD\$ 70,600.91	RD\$ (161,602.04)	
9	RD\$ 179,095.89	RD\$ 571,047.17	RD\$ 62,845.74	RD\$ (98,756.30)	
10	RD\$ 179,095.89	RD\$ 750,143.06	RD\$ 55,942.44	RD\$ (42,813.85)	
11	RD\$ 179,095.89	RD\$ 929,238.96	RD\$ 49,797.44	RD\$ 6,983.59	

Fuente: Elaboración propia

¹⁶Obtenido en la página web del Banco Central, www.bancentral.gov.do

Como se observa en la tabla, el retorno de inversión simple utilizando capital de la empresa es de 5.8 años, mientras que si se utiliza capital a partir de un préstamo es de 10.9 años con un valor actual neto de RD\$ 6,983.59.

Factibilidad Ambiental

Desde el punto de vista ambiental, la línea de la LCI consumiría 20,609.42 KWh/año menos que con la luminaria actual, lo que se traduce en que 15.09 toneladas de CO₂ que no impactarían el medio ambiente.

4.2.1.2.2- Alternativa 2

Implementación

Para la implementación de esta alternativa no será necesario el cambio de las bases o cajetines de las luminarias, en lugar de esto se instalarán luminarias LED del mismo largo que los cajetines actuales (240 cm). Es decir, los tubos fluorescentes de 240 cm, 75 W, se sustituirán por tubos LED de 240 cm, 35 W, utilizando la misma base.

Las demás luminarias permanecen como fueron planteadas en la alternativa 1.

A continuación se muestran las luminarias de cada tipo y sus cantidades para la alternativa 2:

Tabla XXXIX: Luminaria de Tubos LED T8 240 cm, 110 V, 35 W, x2

Luminaria de Tubos LED T8 240 cm, 110 V, 35 W, x2		
		
Referencia	Cantidad de Luminarias	Cantidad de Tubos
Almacén de Productos Terminados	21	42
Bottomer 1	8	16
Bottomer 2	9	18
Bottomer 3	9	18
Bottomer 4	9	18
Área de Cuchillas	1	2
Tubadora 2	12	24
Tubadora 4	8	16
Total	77	154

Fuente: Elaboración propia

Imagen: Extraída de www.ebay.com

Tabla XL: Luminaria de Tubos LED T8 120 cm, 110 V, 18 W, x2

Luminaria de Tubos LED T8 120 cm, 110 V, 18 W, x2		
		
Referencia	Cantidad de Luminarias	Cantidad de Tubos
Tubadora 4 - Área de Precorte	1	2
Total	1	2

Fuente: Elaboración propia

Imagen: Extraída de www.ebay.com

Como se muestra en las tablas anteriores, el gran cambio de esta alternativa es la implementación de luminaria LED de 240 cm, 35 W, siendo también sustituidos los tubos fluorescentes de 120 cm, 40 W por tubos led de 120 cm, 18 W. Las cantidades y especificaciones para el resto de las luminarias permanecen igual que en la alternativa 1.

Procedimiento

El procedimiento de implementación para esta alternativa es muy parecido al de la alternativa 1, la única diferencia radica en que no será necesaria la sustitución de las bases o cajetines de las luminarias, simplemente se puede proceder a remover

el balastro, hacer las instalaciones eléctricas y colocar los tubos. Por otro lado, los bombillos se instalan al igual que en la alternativa 1.

Justificación

Esta alternativa busca la manera de simplificar el proceso de migración a luminaria LED, evitando el cambio de bases, sólo siendo necesario el cambio de tubos.

En la siguiente tabla se observan los consumos de la sustitución de la luminaria de 2 tubos fluorescentes 110 V, 75 W, por luminaria de 2 tubos LED, 110 V, 35 W:

Tabla XLI: Cálculo de Consumo Energético: Luminaria de 2 Tubos LED TG-T8 110 V, 35 W

Consumo Energético: Luminaria de 2 Tubos LED TG-T8 110 V, 35 W		
Descripción	Valor	Unidad
Potencia del tubo	35	W
Cantidad de luminarias	77	Luminarias
Cantidad de tubos	154	Tubos
Largo de tubos	120	Centímetros
Potencia consumida por hora	5.39	KW
Horas de trabajo por día	9	h
Potencia consumida por día	48.51	KWh/día
Precio de KW por hora	8.69	RD\$/KWh
Precio de KW por día	RD\$ 421.55	RD\$/día
Cantidad de días trabajados en el año	264	días/año
Precio de KW en el año	RD\$ 111,289.70	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	12,806.64	KWh/año
Índice de CO ₂	0.732	Kg de CO ₂ /KWh
Toneladas de CO ₂ producido al año	9.37	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra todas las especificaciones y cantidades correspondientes a este tipo de luminaria. El resto de los cálculos de las luminarias son iguales a los de la alternativa 1.

El consumo total de la LCI utilizando la alternativa 2 se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XLII: Sumario de cálculo de consumo energético de la alternativa 2 de luminaria

Sumario		
Descripción	Valor	Unidad
Precio de KW en el año	RD\$ 136,933.82	RD\$/año
Consumo de KW por hora al año	15,757.63	KWh/año
Toneladas de CO ₂ producido al año	11.53	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

La planta de la LCI consumiría un estimado 15,757.63 KWh/año, lo que representa RD\$ 136,933.82 al año. Por otro lado, el CO₂ producido al año sería de 11.53 toneladas de CO₂.

A continuación se muestran los beneficios totales al aplicar la alternativa 2, comparando esta alternativa con el estado actual:

Tabla XLIII: Sumario de beneficios de la alternativa 2

Sumario		
Descripción	Valor	Unidad
Ahorro en costos de KW en el año	RD\$ 182,275.60	RD\$/año
Ahorro en KW por hora al año	20,975.33	KWh/año
Reducción en toneladas de CO ₂ producido al año	15.35	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

Inversión

La inversión inicial de esta alternativa es menor que la alternativa anterior, siendo necesario un total de RD\$ 776,002.23 para su implementación. La siguiente tabla muestra el detalle de la inversión inicial:

Tabla XLIV: Inversión inicial de la alternativa 2 de luminarias

Ítem	Costo unitario	Manejo y Envío	ITBIS	Cantidad	Costo Total
Tubos LED T8, 240 cm, 110 V, 35 W	RD\$ 2,935.11	RD\$ 22,982.11	RD\$ -	154	RD\$ 474,992.90
Tubos LED TG-T8 110 V, 18 W	RD\$ 1,400.00	RD\$ -	RD\$ 252.00	18	RD\$ 29,736.00
Tubos LED T8 110 V, 9 W	RD\$ 900.00	RD\$ -	RD\$ 162.00	2	RD\$ 2,124.00
Bombillo LED 220 V, 60 W	RD\$ 6,289.58	RD\$ 9,015.06	RD\$ -	15	RD\$ 103,358.68
Instalación (15% del total)	RD\$ -	RD\$ -	RD\$ -	1	RD\$ 91,531.74
Total					RD\$ 701,743.32

Fuente: Elaboración propia

Los tubos LED de 240 cm, 35 W, fueron cotizados en la tienda online www.ebay.com, utilizando la tasa del dólar al día 28 de junio 2013 de RD\$ 41.9305 por dólar, asignándole el envío establecido por el proveedor a República Dominicana. El resto de la luminaria permanece igual que en la alternativa 1.

Factibilidad Técnica

Para la alternativa 2, ya que se van a utilizar tubos del mismo tamaño que las bases actuales, no existe la necesidad de realizar instalaciones nuevas, simplemente se remueven los balastos y se sustituyen los tubos actuales por los LED.

Factibilidad Económica

Al aplicar la alternativa 2, la empresa podrá reducir un total de RD\$ 182,275.60 al año de sus gastos de electricidad.

El cálculo del retorno de inversión se realizó en base a los mismos parámetros establecidos anteriormente, así como se muestra a continuación:

Tabla XLV: Cálculo de retorno de inversión de la alternativa 2 de la luminaria

Proyecto de cambios de luminarias - Alternativa 2				
VAN	RD\$ 40,504.71	Retorno de Inversión - Detalle Año-mes-día		
VAN / Inversión	5.77%			
TIR	14.37%			
Retorno de Inversión (Años)	3.8	Años	Meses	Días
Retorno de Inversión actualizado (Años)	5.6	3.00	10.00	6.0
		5.00	6.00	19.2
Inversión Inicial	RD\$ 701,743.32	Ahorro Anual		RD\$ 182,275.60
Tasa de descuento estimada del proyecto		12.34%		
Año	Flujo de caja	Acumulativo	Importes (Flujo de Caja) Actualizado	Acumulativo del Actualizado
0	RD\$ (701,743.32)	RD\$ (701,743.32)	RD\$ (701,743.32)	RD\$ (701,743.32)
1	RD\$ 182,275.60	RD\$ (519,467.72)	RD\$ 162,253.52	RD\$ (539,489.80)
2	RD\$ 182,275.60	RD\$ (337,192.12)	RD\$ 144,430.76	RD\$ (395,059.04)
3	RD\$ 182,275.60	RD\$ (154,916.52)	RD\$ 128,565.75	RD\$ (266,493.29)
4	RD\$ 182,275.60	RD\$ 27,359.08	RD\$ 114,443.43	RD\$ (152,049.86)
5	RD\$ 182,275.60	RD\$ 209,634.69	RD\$ 101,872.38	RD\$ (50,177.49)
6	RD\$ 182,275.60	RD\$ 391,910.29	RD\$ 90,682.19	RD\$ 40,504.71

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla, el retorno de inversión utilizando capital de la empresa es de 3.8 años, mientras que si se utiliza capital a partir de un préstamo es de 5.6 años.

Factibilidad Ambiental

La aplicación de esta alternativa genera un ahorro de 20,975.33 KWh/año, lo que significa que se dejaría de producir un total de 15.35 toneladas de CO₂.

4.3- Resultados Generales

4.3.1- Resumen de opciones, ahorro potencial de la empresa

A continuación se presenta de manera resumida las diferentes opciones que fueron obtenidas como resultado de la investigación. Se debe considerar que la opción de luminarias tiene dos alternativas. Esto se expresa en la siguiente tabla:

Tabla XLVI: Resumen de opciones

Opción	Costo Promedio Anual Actual	Costo Promedio Luego de Aplicación	Beneficios Económicos	Beneficios Ambientales	Unidad del Beneficio Ambiental
Materiales	RD\$ 20,097,607.62	RD\$ 6,761,236.74	RD\$ 13,336,370.88	281,070.44	Kg de papel
Factor de Carga	RD\$ 486,501.54	RD\$ 347,197.74	RD\$ 139,303.80	3.59	tCO ₂
Luminarias - Alternativa 1	RD\$ 319,209.42	RD\$ 140,113.53	RD\$ 179,095.89	15.09	tCO ₂
Luminarias - Alternativa 2	RD\$ 319,209.42	RD\$ 136,933.82	RD\$ 182,275.60	15.35	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

Los beneficios observados en la tabla son estimados para un período de un año, donde, dependiendo de la alternativa de luminaria aplicada, la empresa puede obtener un beneficio económico estimado de RD\$ 13,654,770.57, aplicando la alternativa 1, o de RD\$13,657,950.28 aplicando la alternativa 2. Mientras que el beneficio ambiental oscila entre 18.68 tCO₂ y 18.94 tCO₂ respectivamente, siendo el ahorro de papel no desperdiciado de 281,070.44 Kg para ambos casos.

4.4- Indicadores de desempeño de Producción más Limpia

De acuerdo a los resultados de la investigación se han propuesto los siguientes indicadores para el seguimiento del desempeño de la Producción más Limpia en Indusnig:

Tabla XLVII: Indicadores de desempeño de Producción más Limpia en Indusnig

Nombre del Indicador de Desempeño de Producción más Limpia	Construcción del indicador	Antes del Programa de PmL		Expectativa después de implementar el Programa de PmL	
		Valor	Unidad	Valor	Unidad
Consumo de materia prima por producto	Consumo teórico en Kg/ Consumo real en Kg	0.9397	Kg/Kg	0.98	Kg/Kg
Consumo de energía de la línea por producto	Consumo total de energía en KWh/ Consumo real en t	84.03	KWh/t	81.10	KWh/t
Generación de residuos sólidos por producto	Cantidad de desperdicios en Kg/ Consumo real en Kg	0.0603	Kg/Kg	0.02	Kg/Kg
Costos promedios asociados a desperdicios de papel	Total de costos de desperdicios en RD\$/Kg/ Consumo real en Kg	RD\$ 1,674,800.63	RD\$	RD\$ 1,111,364.24	RD\$
Consumo de energía por el área de la línea	Consumo total de energía en KWh/ Total de metros cuadrados de la LCI	124.97	KWh/m ²	120.60	KWh/m ²
Cantidad de CO ₂ generado al año	Consumo total de energía en KWh * Índice de CO ₂	26.89	tCO ₂	11.53	tCO ₂

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla, los indicadores están enfocados en monitorear el desempeño de PmL en la empresa, a través del seguimiento del consumo de los materiales y de la energía eléctrica, además de las emisiones de CO₂ al medio ambiente.

Algunos de estos indicadores fueron utilizados a través de la investigación, mientras que el resto se consideran necesarios para el control interno de la LCI.

Conclusiones

Durante el desarrollo de esta investigación se propusieron estrategias de Producción más Limpia en la línea de producción de fundas de cemento de Industrias Nigua, con el fin de hacer más eficiente el consumo de materiales y de energía eléctrica en la misma.

Los objetivos propuestos al inicio de esta investigación fueron logrados, como se expresa a continuación:

- Se determinaron los conceptos de PmL que se pueden aplicar en los materiales involucrados en los procesos de producción de la línea. Se realizó una propuesta de diagnóstico y capacitación de los operadores de la línea en cuanto a la configuración y uso correcto de las máquinas, estimando un beneficio económico promedio de RD\$ 1,111,364.24 por período (reducción de un 66.4 %) y un beneficio ambiental promedio de 23,422.54 Kg de papel desperdiciado por período (reducción de un 66.4 %).
- Se evaluaron las oportunidades de aplicación de PmL en el sistema de iluminación utilizado en la línea, logrando proponer dos alternativas diferentes, obteniendo por lo menos un beneficio económico estimado de RD\$179,095.89 al año (reducción de un 56.1 %) y un beneficio ambiental estimado de 15.09 toneladas de CO₂ al año (reducción de un 69.5 %).

- Se evaluaron las oportunidades de aplicación de PmL en el sistema de generación de energía eléctrica auxiliar, determinando tras la obtención de los resultados de la prueba de consumo de uno de los generadores, no realizar ningún tipo de cambio debido a que el mismo trabajó a baja capacidad con un consumo estimado de 16.58%, y donde las recomendaciones que estarían relacionadas al mantenimiento y al ajuste del motor, no serían muy efectivas ya que la relación costo-beneficio no es técnicamente factible.
- Se crearon indicadores de desempeño de PmL que permitirán monitorear el proceso de producción dentro de la Línea de Clientes Industriales. De esta manera se puede conocer el estado actual de la línea y determinar qué tanto se puede mejorar en el futuro y/o compararse con otras empresas similares.

Recomendaciones

Se proponen recomendaciones de 5S para las líneas actuales y futuras, con el fin de complementar las opciones plasmadas en la investigación, que pueden mejorar la empresa de forma evidente.

En el siguiente cuadro se muestran las recomendaciones:

Tabla XLVIII: Recomendaciones complementarias de 5S para la línea de fundas de cemento de Indusnig

5S	Áreas de la Línea		
	Área General	Maquinarias	Almacenes
Seiri (Clasificación y Descarte)	<p>Ejecutar jornada de organización y de clasificación de los objetos y materiales a utilizar, de acuerdo a su uso.</p> <p>Se recomienda que estas jornadas sean realizadas todos los sábados de cada semana.</p>	<p>Ejecución de jornadas de organización y clasificación de los materiales y objetos dentro y fuera de las maquinarias, así como de los espacios donde los mismos deben ser colocados.</p>	<p>Se recomienda una jornada de organización y clasificación de la materia prima y de los productos terminados, especificando el área a utilizar de acuerdo a su uso.</p>
Seiton (Organización)	<p>Identificar el área donde deben ser colocados los objetos y los materiales de acuerdo a su uso.</p> <p>Delimitar el área específica a utilizar para la colocación de material no conforme.</p>	<p>Identificar el área y los materiales que deben estar ubicados dentro y sobre las maquinarias de acuerdo a su uso.</p>	<p>Materia Prima: Identificar el área donde se almacenará la materia prima de acuerdo a su uso.</p> <p>Productos Terminados: Identificar el área donde se almacenarán los productos terminados, en orden de llegada y salida.</p>
Seiso (Limpieza)	<p>Realizar jornadas de limpieza diaria, además de la realizada por el personal de conserjería, donde el personal</p>	<p>Realizar limpieza especial del área de manera diaria, tanto en el interior como en el exterior de las</p>	<p>El personal encargado de la movilización de los materiales será el responsable de realizar jornadas de limpieza</p>

	<p>encargado del área limpie el área, e identifique los objetos fuera lugar.</p>	<p>maquinarias.</p> <p>Esta limpieza se enfocará en identificar los objetos fuera de lugar y eliminar los desperdicios ocasionados por los materiales, tanto líquidos (tinta y pegamento), como sólidos (papel).</p>	<p>diaria de las áreas.</p>
<p>Seiketsu (Higiene y Visualización / Estandarización)</p>	<p>Señalar e identificar los objetos y las cantidades necesarias de acuerdo a su uso.</p> <p>Diseñar formulario de autoevaluación de los aspectos críticos de 5S del área, para ser completado por el personal encargado diariamente.</p>	<p>Diseñar formulario de autoevaluación de los aspectos críticos de 5S del área, para ser completado por el personal encargado diariamente.</p>	<p>Diseñar formulario de autoevaluación de los aspectos críticos de 5S del área, para ser completado por el personal encargado semanalmente.</p>
<p>Shitsuke (Compromiso y Mantenimiento de la disciplina)</p>	<p>Diseñar formulario de auditoría de evaluación de los criterios de 5S, donde se le asigne una puntuación a cada pregunta dependiendo la condición del área.</p> <p>Capacitar un equipo de auditores de 5S que contenga personal de diferentes áreas y líneas, para realizar auditorías de manera mensual en cada área.</p>	<p>Designar un equipo de dos empleados como responsables del proyecto 5s en esta área.</p> <p>Realizar reuniones mensuales para evaluar el comportamiento del programa y tomar las acciones correctivas de lugar.</p>	<p>Designar un equipo de dos empleados como responsables del proyecto 5s en esta área.</p> <p>Realizar reuniones mensuales para evaluar el comportamiento del programa y tomar las acciones correctivas de lugar.</p>

Fuente: Elaboración propia

Otras recomendaciones referentes a 5S:

- Realizar una limpieza semanal a todas las máquinas de la planta, preferiblemente los sábados, la cual consistirá en realizar una limpieza profunda al área de cola de las tubadoras, debido a que esta área es la más afectada al momento de correr una producción.
- Capacitar al personal operativo para que se haga costumbre el colocar las herramientas que se utilicen en su lugar.
- Utilizar las herramientas necesarias para verter la tinta y el pegamento en las máquinas, previniendo derrames.
- Colocar debajo de las bottomers contenedores en los que se acumulen las fundas descartadas por los sensores de las máquinas, ya que actualmente estas fundas son arrojadas al suelo. De igual manera, cuando el personal hace revisiones del material en proceso, este es arrojado al suelo.
- Cuando el producto terminado es paletizado, colocarlo de manera inmediata en el almacén de productos terminados.

Bibliografía

Asociación Española de Fabricantes de Iluminación (ANFALUM). (2010). *Cómo seleccionar y comparar luminarias LED's para aplicaciones de alumbrado exterior*. (ANFALUM comunica No. 12). Madrid, España.

Asociación de Industrias de la República Dominicana. (2013). Cifras de la Industria. *Hecho en RD , Año 2 No. 4*, 81-85.

Bermejo, R. (2005). *La gran transición hacia la sostenibilidad - Principios y estrategias de economía sostenible*. Madrid: Catarata.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2013). Recuperado el 1 de junio de 2013, de <http://www.eclac.org/>

Comisión Federal de Electricidad. (2012). *Factor de Potencia*. Recuperado el 9 de julio de 2013, de <http://www.cfe.gob.mx/>

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). (1986). *Guide on interior lighting*. Vienna, Austria.

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). (2007). Technical Report. *Road Transport Lighting for Developing Countries* . Vienna, Austria. Obtenido de www.cie.co.at/: www.cie.co.at

Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe. (2005). *Folleto Factor de Potencia Parte I y II*. Recuperado el 9 de julio de 2013, de www.epe.santafe.gov.ar

Fraume Restrepo, N. J. (2007). *Diccionario Ambiental*. Bogotá: ECOE Ediciones.

Gaceta Oficial. (2000). *Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ley No. 64-00* . Santo Domingo de Guzmán, D.N., República Dominicana.

Gaceta Oficial. (2012). *Ley No. 1-12 que establece la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030*. Santo Domingo de Guzmán, D.N., República Dominicana.

Gaceta Oficial No.10561. (2010). *Constitución de la República Dominicana*. Santo Domingo de Guzmán, D. N., República Dominicana.

Harper, E. (2005). *Elementos de diseño de subestaciones eléctricas*. México D. F.: Editorial Limusa.

INTEC. (2011). *Lanzan Premio Nacional a la Producción más Limpia*. Santo Domingo de Guzmán, D. N., República Dominicana.

Kramer, F. (2003). *Educación ambiental para el desarrollo sostenible*. Madrid, España: Los Libros de la Catarata.

Lusthaus, C., Adrien, M.-H., Anderson, G., & Carden, F. (2001). *Mejorando el desempeño de las organizaciones: método de autoevaluación*. Ottawa: Editorial Tecnológica de Costa Rica y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.

Martínez Domínguez, F. (2003). *Instalaciones Eléctricas de Alumbrado e Industriales*. Editorial Paraninfo.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2011). *Política Nacional de Consumo y Producción Sostenible*. Santo Domingo de Guzmán, D. N., República Dominicana.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). *¿Qué es la Producción más Limpia?* Recuperado el 7 de julio de 2013, de <http://www.ambiente.gob.do/IA/GestionAmbiental/Paginas/ProduccionMasLimpia.aspx>

Monroy, N., Van Hoof, B., & Sae, A. (2008). *Producción más Limpia: Paradigma de Gestión Ambiental*. Mexico: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR.

Observatorio de Competitividad. (2004). *Tratado de Libre Comercio entre la República Dominicana - Centroamérica y los Estados Unidos (DR-CAFTA)*. Recuperado el 14 de julio de 2013, de <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2009/01/dr-cafta.pdf>

ONUDI. (2002). *Manual de Producción más Limpia*. Introducción a la Producción más Limpia.

ONUDI, O. d. (1999). *Manual de Producción Más Limpia*.

Organización de las Naciones Unidas. (2002). *Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible*. Johannesburgo, Sudáfrica.

Organization for Economic Cooperation and Development. (2005). *El Medio Ambiente y las Líneas Directrices de la OECD para Empresas Multinacionales, Herramientas y Enfoques Empresariales*. OECD Publishing.

Pastor, F. C. (2005). *Manual del Transportista*. Ediciones Díaz de Santos S. A.

PNUMA. (1998). *Declaración Internacional sobre Producción más Limpia*. París, Francia.

PNUMA. (2003). *GEO América Latina y el Caribe: perspectivas del medio ambiente*. Distrito Federal, Mexico.

PNUMA. (1999). *Producción más Limpia: Un paquete de recursos de capacitación*. México: Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente.

PNUMA. (2009). *Acerca de PNUMA/ORPALC*. Recuperado el 5 de mayo de 2013, de www.pnuma.org

PNUMA, P. d. (2005). *Energías Renovables y Eficiencia Energética, XV Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe*. Recuperado el 10 de Junio de 2013, de <http://www.pnuma.org>

Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la Lengua Española Vigésima Segunda Edición*. España.

Rojas, J. P. (2011). *Siete Pasos para implementar la Producción más Limpia en su Organización. Exito Empresarial (www.cegesti.org)* , 3.

Scafati, A. (2009). *Producción más Limpia*. Buenos Aires: Agencia de Protección Ambiental.

Secretaría de la Cumbre de las Américas. (2013). *Cumbre de las Américas*. Recuperado el 1 de junio de 2013, de <http://www.summit-americas.org/>

Sharp: Microelectronics of the Americas. (April de 2012). *LEDs for Lighting Applications: An Overview*.

Sistema Internacional de Normalización (ISO). (2008). *Sistema Internacional de Normalización (ISO)*. Recuperado el 1 de junio de 2013, de www.iso.org

Sols, A. (2000). *Fiabilidad, mantenibilidad, efectividad: Un enfoque sistémico* (12va ed.). Madrid, España: Comillas.

United Nations Environment Program (UNEP). (2002). *GEO-3: Global Environment Outlook. La Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Humano*. London: Earthscan Publications Ltd.

United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). (2002). *Manual on the Development of Cleaner Production Policies - Approaches and Instruments*. Vienna.

Glosario

Corrida de producción: Procedo de producción.

Demanda: Es la carga eléctrica promediada durante un período de tiempo. (Harper, 2005)

Demanda máxima: La mayor de todas las demandas que ocurren durante un período de tiempo específico. (Harper, 2005)

Final del tubo: Tomar acciones de manera correctiva al final del proceso de producción.

Indicador: Elemento de medición que permite esclarecer y medir un concepto. (Lusthaus, Adrien, Anderson, & Carden, 2001)

Índice: Expresión numérica de la relación entre dos cantidades. (Real Academia Española, 2001)

ISO 9001: Conjunto de requerimientos de un sistema de gerencia de calidad. (Sistema Internacional de Normalización (ISO), 2008)

Paleta: Dispositivo sobre cuya plataforma puede agruparse una cierta cantidad de mercancías para constituir una unidad de carga por razón de su transporte, manipulación o estiba con ayuda de aparatos mecánicos como carretillas, grúas o polipastos. (Pastor, 2005)

Paletizado: Acción de poner el material sobre una paleta.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

VAN: Valor Actual Neto.

Anexos

Anteproyecto

Universidad Acción Pro Educación y Cultura
UNAPEC



Decanato de Ingeniería e Informática
Escuela de Ingeniería

Anteproyecto de trabajo de grado para optar por el título de la carrera Ingeniería Industrial

Propuesta de estrategias de Producción más Limpia (PmL) para mejorar la eficiencia de materiales y consumo energético en la línea de fundas de cemento de Industrias Nigua.

Sustentantes:

Emilio Disla Pol	08-1567
Gissele Soto Durán	09-1567
Natalia Pérez del Castillo	09-1857

Asesor:

Prof. Fernando López, M.Ed.

Distrito Nacional
República Dominicana
Fecha 26/02/2013

Tabla de Contenidos

- 1 INTRODUCCION**
- 2 JUSTIFICACIÓN**
- 3 DELIMITACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**
 - 3.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA
 - 3.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
 - 3.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA
- 4 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS**
 - 4.1 OBJETIVO GENERAL
 - 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:
- 5 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**
 - 5.1 MARCO TEÓRICO
 - 5.1.1 Producción más Limpia (PmL)*
 - 5.1.2 Metodología para implementar un programa de PmL*
 - I. Primera fase: Planeación y organización del programa de producción más limpia**
 - II. Segunda Fase: Evolución de la Planta**
 - III. Tercera Fase: Estudio de factibilidad**
 - IV. Cuarta Fase: Implementación**

5.2 MARCO CONCEPTUAL

6 HIPÓTESIS

7 DISEÑO METODOLÓGICO

8 FUENTES DE DOCUMENTACIÓN

9 ESQUEMA PRELIMINAR DE CONTENIDO DEL TRABAJO DE GRADO

1 Introducción

Industrias Nigua S.A. (Indusnig) es una empresa de la República Dominicana, dedicada a la manufactura de productos cuya materia prima principal es el papel. Cuenta con 6 líneas de producción, donde la de fabricación de fundas de cemento es una de las más antiguas.

Indusnig inicia a producir estas fundas a partir del año 1959. A través del tiempo se han ido adaptando a los cambios de tecnología, aun así se pueden observar oportunidades de mejora en cuanto a desperdicios de materiales y energía.

La Producción más Limpia se ha convertido en una herramienta crucial para el éxito de una empresa, ya que se busca realizar ahorros y mejoras de manera preventiva, y no de manera correctiva como se suele hacer con los otros métodos.

Se ha decidido aplicar técnicas de Producción más Limpia en dicha línea, con el fin de proponer estrategias para mejorar la eficiencia en su proceso de producción y reducir las posibles consecuencias negativas sobre el ser humano y el medio ambiente.

Por otro lado se van a proponer indicadores que permitan el control de la empresa y la comparación con otras plantas.

2 Justificación

Industrias Nigua S. A. es una empresa con alto enfoque hacia el desarrollo y la mejora continua, comprometida con la preservación del medio ambiente.

Con la realización de un diagnóstico de Producción más Limpia en la línea de producción de fundas de cemento de Industrias Nigua S. A., se podrá observar su situación actual en cuanto a eficiencia y sus efectos sobre el ser humano y el medio ambiente.

A partir de dicho diagnóstico se efectuará una propuesta de Producción más Limpia que permitirá un mayor aprovechamiento de los recursos, una mayor eficiencia del proceso, la reducción de los desechos y la creación de indicadores de desempeño, logrando así, un método eficaz para medir y controlar lo relacionado con el proceso productivo, con el fin de obtener reducción en los costos de producción y en el impacto negativo sobre el medio ambiente.

3 Delimitación y planteamiento del problema de investigación

3.1 Generalidades de la Empresa

Industrias Nigua S.A. (Indusnig) es una empresa de capital nacional, manufacturera de una amplia variedad de productos fabricados a partir de papel. En sus inicios poseía una mayor diversidad de ofertas, tales como tapas de metal, pero a través de los años fue enfocándose en productos derivados del papel.

Como se plantea en el folleto de Industrias Nigua (Indusnig), la empresa ha rediseñado su modelo de gestión gerencial mediante la implementación de la gestión “Empresa por Procesos”. En este sentido, se han reorganizado en 5 líneas de negocios independientes en función al perfil de sus clientes y una línea para soporte de las otras. Estas líneas son:

- a) Línea Clientes Industriales (LCI).
- b) Línea Clientes Industriales – Alimentos (LCI-A).
- c) Línea Clientes Cuadernos (LCC).
- d) Línea Clientes Empresariales (LCE).
- e) Línea Consumo Masivo (LCM).
- f) Línea Corporativa (CORP).

Se ha seleccionado la línea Clientes Industriales, para realizar un análisis en el proceso de producción de fundas de cemento, también conocidas como fundas multicapas o sacos valvulados.

3.2 Planteamiento del Problema

A través de los años Industrias Nigua ha ido agregando más productos a su catálogo, lo cual ha ido provocando la introducción de un mayor número de líneas al negocio, que al final ha terminado en el descuido de lo que son sus líneas más antiguas, como es el caso de la línea de fundas de cemento.

A partir de una visita realizada a Industrias Nigua, se observó que existen oportunidades de mejora mediante la aplicación de la técnica de Producción más Limpia (PmL), específicamente en la línea de fundas de cemento. Se percibió que la línea genera desperdicios de materia prima de manera constante, y que posee oportunidades de mejora enfocadas en el sistema de iluminación de la línea.

3.3 Formulación del Problema

¿Cuáles Estrategias de Producción más Limpia (PmL) se pueden aplicar para mejorar la eficiencia de materiales y consumo energético en la línea de fundas de cemento de Industrias Nigua?

4 Objetivos generales y específicos

4.1 Objetivo General

Realizar una propuesta de aplicación de Producción más Limpia en la línea de fundas de cemento de Industrias Nigua.

4.2 Objetivos específicos:

- Evaluar las oportunidades de aplicación de Producción más Limpia en el sistema de iluminación utilizado en la línea.
- Determinar los conceptos de Producción más Limpia que se pueden aplicar en los materiales involucrados en los procesos de producción de la línea.
- Evaluar las oportunidades de aplicación de Producción más Limpia en el sistema de generación de energía eléctrica auxiliar.
- Generar indicadores de desempeño de Producción más Limpia para ser utilizados en el control del proceso de producción.

5 Marco Teórico Referencial

5.1 Marco Teórico

5.1.1 Producción más Limpia (PmL)

Existen varios conceptos sobre PmL, sin embargo, todos se refieren de una forma u otra a la protección ambiental y eficiencia en la utilización de recursos empleados como objetivo de esta técnica. No obstante, la definición dada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 1999) es una de las más completas, la cual define la Producción más Limpia como “la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integral, a los procesos y productos, con el objetivo de reducir riesgos al ser humano y al medio ambiente”.

Según Roberto Bermejo en su libro “La gran transición hacia la sostenibilidad - Principios y estrategias de economía sostenible”, el concepto de Producción más Limpia fue creado por el PNUMA en 1989 ante la necesidad de diseñar un enfoque más general e integrado sobre los cambios en los procesos productivos que superara el restrictivo de diversas técnicas que se venían utilizando, como “minimización de residuos”, “prevención de la contaminación”, “reducción en origen”, etc. (Bermejo, La gran transición hacia la sostenibilidad - Principios y estrategias de economía sostenible, 2005).

La Producción más Limpia aborda la contaminación industrial de manera preventiva. Concentra la atención en los procesos, los productos, los servicios y la eficiencia en el uso de las materias primas e insumos, con el objetivo de promover mejoras que permitan reducir o eliminar los residuos antes que se generen (Scafati, 2009). Por ende, con la

implementación de PmL dentro de las empresas, se busca pasar de un proceso ineficiente en el control dentro de su ciclo de producción, a un proceso eficiente de prevención de la contaminación desde su punto de origen, a través de la conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía a lo largo del proceso industrial.

El término de PmL es sumamente amplio, por lo que varía según el enfoque que se le dé, por ejemplo:

- **Para los procesos:** es la conservación de materia prima y energía, la eliminación de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y desechos antes de que salgan del proceso, así como la eliminación del uso de materias primas tóxicas.
- **Para los productos:** es la reducción de los impactos a lo largo de todo el ciclo de vida, desde la extracción de materia prima hasta su disposición.
- **Para el entorno:** es la reducción de riesgos para los trabajadores, la comunidad, los consumidores de productos y las futuras generaciones.

Por consiguiente, la PmL reduce los costos de producción, el tratamiento al final del proceso, los servicios de salud y ayuda a la recomposición del ambiente, además de que mejora la eficiencia de los procesos, la calidad del producto e incluso cuando los costos de inversión para la implementación de esta técnica son altos, el periodo de recuperación de la inversión puede ser corto.

5.1.2 Metodología para implementar un programa de PmL

Para poder diseñar e implementar un “Programa de Producción más Limpia (PmL)”, es necesario poner en práctica una metodología de cuatro fases o etapas (ONUDI, 1999):

I. Primera fase: Planeación y organización del programa de Producción más Limpia

En esta fase se establece el compromiso de la empresa, los objetivos del Programa de PmL, así como la identificación de obstáculos y posibles soluciones para el Programa. También se da a conocer la iniciativa al personal y se definen los grupos de trabajo y sus responsabilidades.

II. Segunda Fase: Evaluación de la Planta

La fase de evaluación del proceso en planta es crucial en la implementación de la PmL, ya que al efectuar el reconocimiento de las distintas etapas del proceso productivo se identifican Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA). De este análisis se derivan las principales recomendaciones de mejora. Con la evaluación en planta se determina también la situación general de la empresa, los puntos críticos en el manejo de la energía, del agua y materia prima así como sus efectos financieros y ambientales.

III. Tercera Fase: Estudio de factibilidad

En esta fase se elaboran los análisis económicos, tecnológicos y ambientales de las oportunidades de mejora encontradas, para identificar las que sean factibles.

IV. Cuarta Fase: Implementación

Esta es la fase de ejecución en la que se concretan las recomendaciones establecidas mediante la asignación de recursos económicos, tecnológicos y humanos. En esta fase se evalúa y se le da seguimiento continuo a todas las medidas tomadas en consideración, por medio de indicadores de desempeño y/o auditorias.

Es importante destacar los indicadores en la implementación de PmL en una empresa, ya que a través de ellos se mantendrá un constante monitoreo del progreso de la planta después de implementada esta técnica. Pueden establecerse indicadores de desempeño y ambientales, con los cuales poder mantener un control del consumo de materia prima, energía, combustible, y la reducción de emisiones de gases al medio ambiente.

5.2 Marco Conceptual

Consumo Energético: Representa el total de gasto de una determinada facilidad.

Control: Es aquella función que pretende asegurar la consecución de los objetivos y planes prefijados en la fase de planificación. (Pérez-Caraballo, 2008)

Diagnóstico: Recoger y analizar datos para evaluar problemas de diversa naturaleza. (Diccionario de la lengua española, 2001)

Efectividad: Es la relación entre las presentaciones reales de un sistema y las que se habían requerido de él. (Sols, 2000)

Eficacia: Es hacer lo necesario para alcanzar o lograr los objetivos deseados o propuestos. (Thompson, 2008)

Eficiencia: Optima utilización de los recursos disponibles para la obtención de resultados deseados. (Thompson, 2008)

Factibilidad Técnica: Determina si es posible física o materialmente hacer un proyecto. (Córdoba, 2006)

Factibilidad Económica: Determina la rentabilidad de la inversión en un proyecto. (Córdoba, 2006)

Factibilidad Ambiental: Determina el impacto sobre el ambiente. (Córdoba, 2006)

Línea de Producción: Serie de estaciones de trabajo ordenadas para que los productos pasen de una estación a la siguiente y en cada posición se realice una parte del trabajo total. (Groover, 1997)

Manufactura: Es el proceso de convertir la materia prima en productos. Incluye (1) el diseño del producto, (2) la selección de la materia prima y (3) la secuencia de procesos a través de los cuales será manufacturado el producto. (Kalpakjian & Schmid, 2002)

Planeación: Acto de definir las metas de la organización, determinar las estrategias para alcanzarlas y trazar planes para integrar y coordinar el trabajo de la organización. (Robbins & Coulter, 2005)

Proceso: Cualquier actividad o grupo de actividades en las que se transforman uno o más insumos para obtener uno o más productos para los clientes. (Krajewski & Ritzman, 2008)

Producción: Creación de bienes y de servicios. (Heizer & Render, 2004)

Producción más Limpia: Es la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integral, a los procesos y productos, con el objetivo de reducir riesgos al ser humano y al medio ambiente. (PNUMA, 1999)

Productividad: Es el valor de los productos (bienes y servicios), dividido entre los valores de los recursos que se han usado como insumos. (Krajewski & Ritzman, 2008)

Producto: Es cualquier bien o servicio elaborado por el trabajo humano, y que se ofrece con el fin de satisfacer las necesidades de los consumidores o usuarios. (Kirchner, 2010)

Sistema de producción: Es cualquier actividad que produce algo, aquello que toma un insumo y lo transforma en una salida o producto con valor inherente. (Aniel, Bulfin, 1998)

6 Hipótesis

Existen técnicas de Producción más Limpia que permitirán la optimización del uso de materiales y energía en la línea de producción de fundas de cemento de Industrias Nigua, lo que implicaría beneficios económicos, ambientales y sociales para la empresa.

7 Diseño Metodológico

Método de Investigación

- Inductivo

Tipo de investigación

- Descriptiva
- Explicativa

Técnicas

- Observación
- Entrevistas
- Análisis histórico de datos
- Consultas bibliográficas

Se observará la situación de la línea de producción de fundas de cemento de Industrias Nigua S. A. y se entrevistará a empleados relacionados con la misma. Se utilizarán tanto datos recolectados como datos históricos de la empresa para efectuar los cálculos de lugar, con el fin de proponer las posibles mejoras a dicha línea de producción. En todo momento se mantendrán presentes las técnicas de Producción más Limpia, recurriendo a fuentes bibliográficas en los casos necesarios.

8 Fuentes de Documentación

- Bermejo, R. (2005). *La gran transición hacia la sostenibilidad - Principios y estrategias de economía sostenible*. Madrid: Catarata.
- Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles CPTS (2009). *Guía Técnica de Producción Más Limpia para el Subsector Bebidas no Alcohólicas*. Bolivia: Artes Gráficas Sagitario S.R.L. (1ra Ed.).
- Córdoba, P. M. (2006). *Formulacion y Evaluacion de Proyectos*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos Y Sistemas*. Mexico: Pearson.
- Heizer, J., & Render, B. (2004). *Principios de administración de operaciones*. Mexico: Pearson.
- Indusnig. (s.f.). *Información Para Proveedores*. Recuperado el 04 de Febrero de 2013, de Industrias Nigua: <http://www.indusnig.com.do/app/do/Brochure-Proveedores.pdf>
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson.
- Kirchner, A. E. (2010). *Desarrollo de nuevos productos : una visión integral* (4ta ed.). Cengage Learning.
- Krajewski, L. J., & Ritzman, L. P. (2008). *Administración de operaciones: estrategia y análisis* (5ta edición ed.).
- ONUDI, O. d. (1999). *Manual de Produccion Mas Limpia*.

- Pérez-Caraballo, J. F. (2008). Control de la Gestión Empresarial: Textos y Casos. (E. Editorial, Ed.)
- PNUMA. (1999). *Producción más Limpia: Un paquete de recursos de capacitación*. Mexico: Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente.
- Real Academia Española. (2001). Diccionario de la lengua española. Madrid, España. Recuperado el 10 de 02 de 2013, de <http://lema.rae.es/drae/?val=diagnostico>
- Robbins, S. P., & Coulter, M. (2005). *Administración*. Mexico: Pearson.
- Scafati, A. (2009). *Producción más Limpia*. Buenos Aires: Agencia de Protección Ambiental.
- Sols, A. (2000). *Fiabilidad, mantenibilidad, efectividad: Un enfoque sistémico* (12va ed.). Madrid, España: Comillas.
- Thompson, I. (Enero de 2008). *Definición de Eficacia*. Recuperado el 9 de Febrero de 2013, de <http://www.promonegocios.net/administracion/definicion-eficacia.html>

9 Esquema preliminar de contenido del Trabajo de Grado

Resumen

Agradecimientos

Índice de Tablas

Índice de Figuras

Abreviaturas

Introducción

CAPITULO I

1.1- Generalidades de la empresa

1.1.1- Historia de la empresa

1.1.2- Misión, Visión y Valores

1.1.3- Política de Calidad e Identidad

1.1.4- Ubicación y Terreno

1.1.5- Organigrama

1.1.6- Líneas de Productos

CAPITULO II

2.1- Marco Teórico

2.1.1- Historia de la Producción más Limpia

2.1.2- Definición de Producción más Limpia

2.1.3- Antecedentes de Producción más Limpia en República Dominicana.

- 2.1.4- Metodología para implementar Producción más Limpia
- 2.1.5- Beneficios de la Producción más Limpia
- 2.2- Análisis e interpretación del estado actual de la línea de Fundas de Cemento de Industrias Nigua
 - 2.2.1- Consumo de materiales
 - 2.2.1.1- Índice de Materiales
 - 2.2.2- Consumo de Energía
 - 2.2.2.1- Energía Eléctrica
 - 2.2.2.2- Consumo de Combustible
 - 2.2.2.3- Índice de energía

CAPITULO III

- 3.1- Evaluación y análisis de aplicación de técnica de Producción más Limpia
 - 3.1.1- Balance de materiales
 - 3.1.1.1. Análisis de la información
 - 3.1.2- Balance de Energía
 - 3.1.2.1- Energía Eléctrica
 - 3.1.2.2- Combustible
 - 3.1.2.3- Análisis de la información
- 3.2- Elaboración de propuestas
 - 3.2.1- Materiales
 - 3.2.1.1- Implementación
 - 3.2.1.2- Procedimiento
 - 3.2.1.3- Justificación

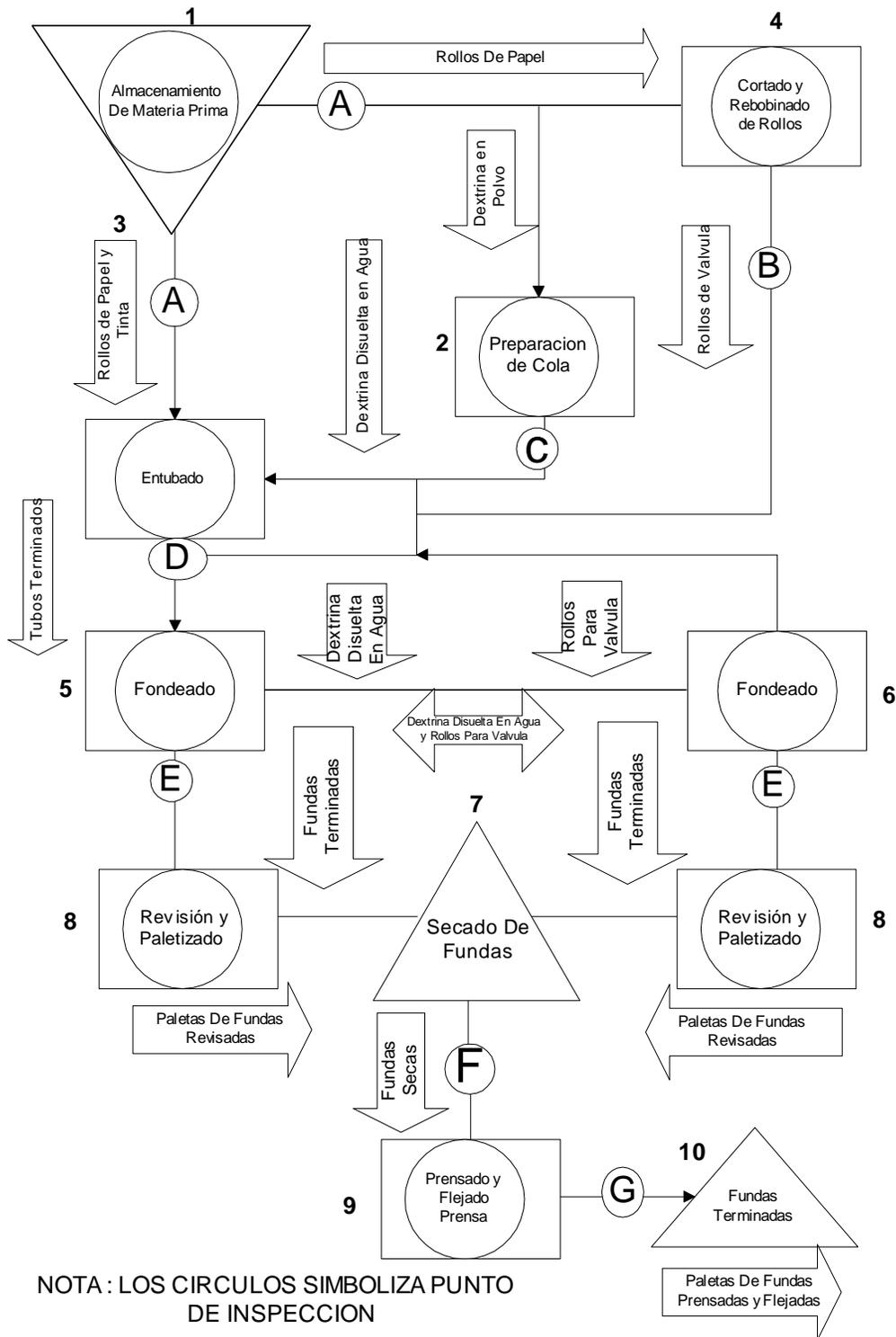
- 3.2.1.4- Inversión
- 3.2.1.5- Ahorros por materiales
- 3.2.1.6- Beneficios Ambientales
- 3.2.2- Energía Eléctrica
 - 3.2.2.1- Implementación
 - 3.2.2.2- Procedimiento
 - 3.2.2.3- Justificación
 - 3.2.2.4- Inversión
 - 3.2.2.5- Beneficios Ambientales
- 3.3- Factibilidad Técnica, Económica y Ambiental
 - 3.3.1- Materiales
 - 3.3.1.1- Factibilidad Técnica
 - 3.3.1.2- Factibilidad Económica
 - 3.3.1.3- Factibilidad Ambiental
 - 3.3.2- Energía Eléctrica
 - 3.3.2.1- Factibilidad Técnica
 - 3.3.2.2- Factibilidad Económica
 - 3.3.2.3- Factibilidad Ambiental
- 3.4- Resultados Generales
 - 3.4.1- Resumen de Propuestas, ahorro potencial de la empresa
- 3.5- Indicadores de desempeño de Producción más Limpia

Conclusiones y Recomendaciones

Bibliografía

Anexos

Diagrama de flujo de proceso de la línea de fundas de cemento



Cotizaciones



Av. John F. Kennedy K.M. 5,5
 Arroyo Hondo, República Dominicana
 Tel.: 809-549-7777, Fax:
 E-Mail: contacto@americana.com.do
 RNC: 18109918

20484020

COTIZACIÓN

Señores: NATALJA PEREZ CALLE Santo Domingo, DISTRITO NACIONAL Tel.: Fax: Movil: Atencion A: Proyecto:	Código: 1590090002 RNC:	No.: 20484020 Fecha: 29/06/2013 Hora: 11:19:32 Moneda: RD\$ Cotizador: 0000080082 RODRIGUEZ GOMEZ, JOSE Vendedor:
---	----------------------------	---

LE ATENDE: RODRIGUEZ GOMEZ, JOSE Email:

Cant	Un	Descripción	Precio	Desc.	Importe	ITBIS
1	UN	1000701 PANT 150 TO 100 40K TACNO DELINCUABLES *** ULTIMA LINEA***	2,649.18		2,649.18	476.85
Total Importe						2,649.18
Total ITBIS						476.85
Importe Final						3,126.01



Visite nuestra página web <http://www.americana.com.do>

*Sus Órdenes de compra, deberán ser confirmadas telefónicamente antes de facturarse.

*Válido por 8 días *Estos Precios están sujetos a Cambios*

*Varillas de Construcción, Cemento Gris y Tubos PVC tienen condición de 3 días.

Favor anexar esta cotización y/o al número impreso de esta en su orden de compra, para poder facturar los precios cotizados.

AV. 27 DE FEBRERO NO.326
TEL. 809.620.2404
gerencia@tecnoelite.com.do

Cotizac. #: 300
Fecha 14/06/2013
Página 1

Cotización

ALMACEN 27 DE FEBRERO
Telf:809.620.2404

SANTO DOMINGO
Código cte.:ALM-02

NATALIA PEREZ

Enviar: Entrega

Términos: Efectivo

Vendedor: MIA

Referencia:

Código producto	Descripción del producto	Cantidad	Precio Unit.	Subtotal	
5028	TUBO FLUOR. TG-T8 120CM 360SMD W 110V	1.00	1,400.00	1,400.00	
5081	TUBO T8 60CM WHITE 110V	1.00	900.00	900.00	
GARANTIA: UN AÑO			Subtotal	2,300.00	
				Impuesto:	414.00
				TOTAL	2,714.00

