UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Repositorio Digital USM **https://repositorio.usm.cl**

Departamento de Industrias Ingeniería Civil Industrial

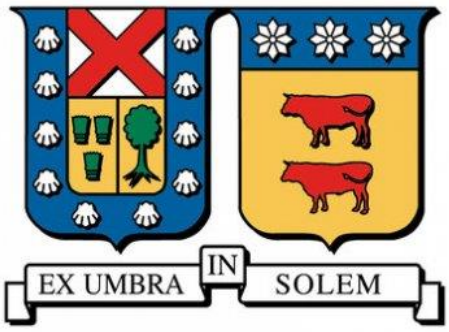
2018-10

PANELES ELECTROLUMINISCENTES EN CHILE: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO

PINTO RUIZ, ROCÍO BELÉN

https://hdl.handle.net/11673/56027

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

PANELES ELECTROLUMINISCENTES EN CHILE:

ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

AUTOR

ROCÍO PINTO RUIZ

PROFESOR GUÍA: ANDRÉS FUENTES

PROFESOR CORREFERENTE: RODRIGO DEMARCO

OCTUBRE 2018

1 AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, que siempre han estado para mí en toda instancia, siendo el pilar fundamental de mi vida. Celebran mis victorias y me levantan en los fracasos. Sin ellos, no hubiera podido estar, donde estoy hoy en día. Este trabajo es por ustedes, que nunca han perdido la fe en mí.

A mis hermanos, por ser mis asesores de la vida, indicarme el camino a seguir y estar siempre disponibles para mí. Pero principalmente, por entregar un amor incondicional.

A mis grandes amigos, que siempre estuvieron conmigo en toda esta etapa, apoyándome incondicionalmente. Por acompañarme todos estos años, por crecer junto a mí, por escuchar mis penurias y alegrías; y simplemente por ser mi familia durante estos 7 años.

A mis profesores, gracias por entregarme las herramientas y valores necesarias para defenderme en el campo laboral, sabré llevar con orgullo el título otorgado por la Universidad.

Y finalmente, a mi gran amiga Carolina, que siempre está conmigo desde el cielo. Querida amiga este trabajo es por ti y por mí.

2 INDICE

2.1 ÍNDICE GENERAL

1 AGRADECIMIENTOS 2

2 INDICE 3

2.1 Índice General 3

2.2 Índice de Figuras 7

2.3 Índice de Tablas 8

3 RESUMEN EJECUTIVO 10

4 INTRODUCCIÓN 12

5 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 14

6 OBJETIVOS 17

6.1 Objetivo General 17

6.2 Objetivos Específicos 17

7 MARCO TEÓRICO 18

7.1 Uso de Energía 18

7.2 Eficiencia Energética 20

7.3 Iluminación 21

7.3.1 Luminancia 21

7.3.2 Luminosidad 22

7.3.3 Luminiscencia 22

7.3.4 Electroluminiscencia 23

7.3.5 Dispositivo Electroluminiscente 23

7.3.6 Panel Electroluminiscente 24

8 METODOLOGÍA 31

8.1 Análisis de Factibilidad 32

8.1.1 Factibilidad Técnica 32

8.1.2 Factibilidad Financiera 34

8.1.3 Factibilidad Ambiental 35

9 FACTIBILIDAD TÉCNICA 37

9.1 Proceso productivo 37

9.1.1 Descripción de proceso físico y unidad productiva 37

9.1.2 Selección de equipos 41

9.1.3 Tamaño y localización de planta 43

9.2 Restricciones Técnicas 44

9.2.1 Restricciones de instalación 44

9.2.2 Factibilidad de instalación 46

9.2.3 Donde se utilizan los paneles electroluminiscentes 49

9.3 Restricción de compra 50

9.3.1 Políticas de Importación 50

9.3.2 Tasas Impositivas 51

9.3.3 Límites de Importación 51

10 FACTIBILIDAD FINANCIERA 53
10.1 Importar el panel 53
10.1.1 Panel Electroluminiscente Importado 54
10.1.2 Costo del Panel 55
10.1.3 Traslado 57
10.1.4 Proceso de Aduana 57
10.1.5 Bodega 60
10.1.6 Costo Total 60
10.2 Fabricar el panel Electroluminiscente 61
10.2.1 Inversión Inicial 62
10.2.2 Costos de insumos 63
10.2.3 Mano de obra 67
10.2.4 Lugar de fabricación 68
10.2.5 Costo Final 68
10.3 Opción más rentable 69
10.4 Análisis de Sensibilidad 71
10.4.1 Modelo Unidimensional de Sensibilización 71
10.4.2 Modelo Multidimensional de Sensibilización 77
11 FACTIBILIDAD AMBIENTAL 83
11.1 Análisis Preliminar 83

11.2 Luminaria LED 84

11.3 Comparación entre LED y Panel Electroluminiscente 86

11.3.1 Uso en iluminación convencional 87

11.3.2 Uso en automóvil 90

11.3.3 Uso en publicidad 97

11.3.4 Decisión final 103

12 CONCLUSIONES 105

12.1 Conclusiones Generales 105

12.2 Recomendaciones y futuras líneas de investigación 108

13 REFERENCIAS 110

14 ANEXOS 114

14.1 Anexo 1 114

14.2 Anexo 2 115

2.2 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Consumo total de energía (cuatrillones Btu) 18

Figura 2 Situación mundial de la población (en millones) 19

Figura 3: Diagrama esquemático de un dispositivo electroluminiscente 24

Figura 4: Ejemplo N°1 de secuencia de compilación de una pantalla electroluminiscente

Fuente: Kopp & Nixon, 2012 26

Figura 5: Ejemplo N°2 de secuencia de compilación de una pantalla electroluminiscente . 28

Figura 6: Modelo de formulación y evaluación de proyectos 31

Figura 7: Composición de panel electroluminiscente 38

Figura 8: Ubicación de planta 44

Figura 9 : Gráfico de frecuencia de costo opción de importar 79

Figura 10: Contribución de variables a la variabilidad - opción importar 80

Figura 11: Gráfico de frecuencia de costos de opción fabricar 81

Figura 12: Contribución de variables a la variabilidad - opción fabricar 82

Figura 13: Panel LED 88

Figura 14: Pedales de alumbrado electroluminiscente 91

Figura 15: Tablero electroluminiscente 92

Figura 16: Paneles LED para automóviles 93

Figura 17: Panel electroluminiscente flexible para auto 95

Figura 18: Paneles publicitarios 98

Figura 19: Imagen referencial de panel LED publicitario 99

Figura 20: Imagen referencial de publicidad con panel electroluminiscente 100

Figura 21: Imagen referencial panel electroluminiscente 102

2.3 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción técnica de Plotter 41

Tabla 2 Descripción técnica de máquina de serigrafía 42

Tabla 3 Descripción técnica de horno de secado 43

Tabla 4 Especificaciones técnicas de un panel electroluminiscente 45

Tabla 5 Comparación de sistemas de iluminación 47

Tabla 6 Datos técnicos de un panel electroluminiscente 54

Tabla 7 Datos técnicos del panel 55

Tabla 8 Costos de un panel electroluminiscente 56

Tabla 9 Cálculo de valor CIF 59

Tabla 10 Impuestos 59

Tabla 11 Costo total de importar el panel 61

Tabla 12 Precios de máquinas 63

Tabla 13 Costos de insumos 66

Tabla 14 Costo final de opción fabricar panel en Chile 69

Tabla 15 Variación de precios de panel electroluminiscente 73

Tabla 16 Variación de precios de inversor de corriente 74

Tabla 17 Variación de precios de bodega 74

Tabla 18 Variación de precios de máquinas 76

Tabla 19 Variación de precios de insumos 76

Tabla 20 Variación precios de bodega 2 77

Tabla 21 Distribuciones de probabilidad para variables de la opción de importar 78

Tabla 22 Distribuciones de probabilidad para variables de la opción de fabricar 80

Tabla 23 Especificaciones técnicas de panel LED 88

Tabla 24 Consumo eléctrico panel EL - opción 1 89

Tabla 25 Especificaciones técnicas de un panel LED para auto 93

Tabla 26 Especificaciones técnicas de un panel electroluminiscente para auto 94

Tabla 27 Cálculo de consumo de energía de un panel EL para automóvil 95

Tabla 28 Consumo de energía de un panel LED y EL en un automóvil 97

Tabla 29 Especificaciones técnicas de panel LED publicidad 99

Tabla 30 Especificaciones técnicas de panel electroluminiscente publicidad 101

Tabla 31 Consumo de energía de un panel LED y EL en publicidad 103

3 RESUMEN EJECUTIVO

Actualmente, hemos sido testigos de los grandes avances de las tecnologías luminarias, con productos innovadores, compactos, y de bajo consumo energético. Uno de ellos es el fenómeno de la electroluminiscencia, que corresponde a una tecnología emergente partiendo como iluminación de fondo, hasta su uso en dispositivos como lámparas y paneles.

Desafortunadamente esta tecnología no se encuentra presente en Chile, por lo que es interesante analizar las diferentes aplicaciones que posee el fenómeno de la electroluminiscencia en la iluminación. En este sentido, el objetivo de esta investigación es determinar la factibilidad técnica, financiera y ambiental de la instalación de paneles electroluminiscentes para su utilización en Chile. Esto se lleva a cabo mediante un estudio de factibilidad, que utiliza la metodología de evaluación de proyectos.

El proyecto de fabricar paneles electroluminiscentes en Chile es viable técnicamente, ya que su proceso productivo no presenta ningún inconveniente para ser desarrollado íntegramente en el país. Además, este tipo de panel no representa restricción alguna en el ámbito técnico para ser utilizado en Chile.

Para la instalación de este tipo de productos se consideraron dos opciones; (1) importar paneles electroluminiscentes, y (2) fabricar localmente diez. Las dos opciones son viables técnicamente, ya que no existen restricciones comerciales para importar este tipo de producto al país, como tampoco, restricciones técnicas para fabricar los paneles en Chile.

Posterior a esto, el estudio financiero indicó que la opción conveniente entre las alternativas presentadas es fabricar los paneles en Chile, ya que conlleva un valor de 5 M USD, en cambio, importar los paneles representa un gasto monetario de 6 M USD.

En cuanto al estudio ambiental, se realizó un proceso de comparación entre el panel electroluminiscente y un panel LED, con el objetivo de identificar que tecnología es más amigable ambientalmente, en base a su consumo energético. La evaluación fue realizada en 3 escenarios diferentes; iluminación convencional, automóviles y publicidad; resultando que en los dos primeros escenarios el panel electroluminiscente presenta un menor consumo energético. En el caso de la iluminación convencional, el consumo del panel electroluminiscente representa un 28% del consumo del panel LED, y en automóviles un 56%. Por otro lado, en el caso de la publicidad, el estudio realizado indica que el panel LED es más beneficioso para esta alternativa; ya que el panel electroluminiscente consume un 25% más que el LED.

Finalmente, los resultados de los estudios entregan como viable el proyecto de instalar paneles electroluminiscentes en Chile, ya sea por el proceso de importación o fabricación de este tipo de productos. Es un tipo de luminaria que hoy en día no se encuentra en el país, y posee una amplia gama de posibilidades para su utilización y explotación.

4 INTRODUCCIÓN

Dado el gran avance de la tecnología, junto al imprescindible uso de la iluminación en la vida diaria, la industria se ha visto en la obligación de modernizar sus sistemas de iluminación con el fin de hacer más eficientes los procesos y, al mismo tiempo, ahorrar costos.

Esto se debe a que hoy en día, el tema de la eficiencia energética es un asunto presente en diversos ámbitos, donde ya no es suficiente que un producto cumpla con su función predeterminada, sino que, al momento de comprar un artefacto, los consumidores se interesan si posee un bajo consumo de energía, incluso efectos medioambientales.

La presente investigación tiene como objetivo analizar y evaluar la factibilidad técnica, financiera y ambiental de instalar paneles electroluminiscentes en Chile, los cuales, como su nombre lo indica, utilizan el fenómeno de la electroluminiscencia para emitir luz. La electroluminiscencia es un fenómeno óptico y eléctrico, en el cual un material emite luz en respuesta a una corriente eléctrica que fluye a través de él.

El estudio del proyecto de inversión consta principalmente en tres partes: El estudio técnico, el estudio financiero, y el estudio ambiental. Inicialmente se indican los aspectos técnicos que concierten al panel, tales como su proceso productivo, maquinaria a utilizar, y las posibles restricciones que se encuentren asociadas a la fabricación, instalación e importación de los paneles electroluminiscentes.

En el segundo estudio, se evalúan financieramente dos opciones para obtener el tipo de panel que se está estudiando, las cuales son: (1) importar el panel y (2) fabricar el panel

localmente. Estas dos opciones consideran todos los costos asociados, de esta forma, se evalúan dos posibles opciones, que presentan factibilidad técnica.

Por último, se presenta el estudio ambiental, el cual tiene directa relación con la huella de carbono que posee el panel. El propósito de este panel es la iluminación, por lo que se decide realizar una comparación con otro tipo de tecnología competidora en este mercado, el panel LED. Por lo que, en este estudio se evalúan ambas tecnologías sobre tres diferentes escenarios, con el fin de analizar la mejor opción dependiendo del lugar en donde se utilice.

5 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La luz ha estado presente en la vida de los seres humanos durante miles de años, convirtiéndose en el pilar fundamental en el desarrollo, calidad de vida y bienestar de las personas. Actualmente, la industria de la iluminación posee una responsabilidad en cuanto a la iluminación artificial; dado que las personas pasan la mayor parte del tiempo en su trabajo, donde tienen un limitado acceso a la luz natural. Esta situación da pie para nuevas investigaciones e innovaciones en dispositivos que producen luz artificial.

En los últimos años, hemos sido testigos de los grandes avances de las tecnologías luminarias, con productos innovadores, compactos y últimamente, de bajo consumo energético.

Uno de ellos es el fenómeno de la electroluminiscencia, la cual corresponde a una tecnología emergente de iluminación de fondo y se está convirtiendo en una tecnología reconocida en la exhibición de publicidad y la decoración de fachada de tiendas (Ge et al. 2015). Esto se debe a gran parte gracias a su mejor iluminación, uniformidad, flexibilidad y factor de forma más pequeño en comparación con otros productos, tales como el panel del LED (Jia et al., 2016).

Esta tecnología incluye un mayor brillo y contraste, mejora la variación de color y resolución, reduce el costo y consumo de energía, así como un menor peso y espesor (Krasnov, 2003). Entre otras tecnologías de visualización maduras, el aumento de los dispositivos electroluminiscentes se explica por el cumplimiento de todos estos requisitos.

Según Krasnov (2003), la electroluminiscencia (EL) es un término genérico para cuatro tipos de dispositivos; diodos emisores de luz (LEDs), dispositivos de fósforo en polvo, película delgada electroluminiscente (TFEL) y dispositivos EL de dieléctrico grueso.

Existen muchas investigaciones previas sobre esta tecnología de iluminación, las cuales se han centrado en explorar sus características, utilidades e implementaciones. Por ejemplo, se ha estudiado la factibilidad de una pantalla electroluminiscente utilizando el método de serigrafía[1], investigando los diferentes parámetros que afectan a la intensidad de la eficiencia y la luminancia de estas pantallas (En-on et al. 2014). También podemos encontrar estudios sobre la fabricación de lámparas que utilizan esta tecnología (Silver et al. 2013). En un ámbito más científico, se ha comenzado a analizar los compuestos químicos del sustrato electroluminiscente; indagando sobre los polímeros del sustrato, y la relación entre la estructura y las propiedades de emisión de luz (Akcelrud, 2002).

Además, se ha estudiado diodos emisores de luz electroluminiscentes de tipo orgánico (OLED) que se caracterizan por utilizar sustratos de plástico (Sugimoto, 2004), los cuales se han desarrollado rápidamente durante la última década debido a sus potenciales aplicaciones en pantallas planas e iluminación doméstica.

Considerando las grandes ventajas que posee este producto, junto con la gran cantidad de estudios en otros países durante las últimas décadas, existe la duda de porque aún no ha llegado esta tecnología a Chile. Uno de los posibles motivos es que se desconoce el potencial que posee esta tecnología. Desde esta base, nacen las preguntas ¿Es posible la

[1] Técnica de impresión empleada en el método de reproducción de documentos e imágenes sobre cualquier material, la cual consiste en transferir una tinta a través de una malla tensada en un marco.

fabricación e instalación de un panel electroluminiscente en Chile?, ¿Es factible su aplicación en Chile?.

6 OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la factibilidad técnica, financiera y ambiental de la instalación de paneles electroluminiscentes mediante un estudio de factibilidad e investigación bibliográfica para su posible utilización en Chile.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una evaluación sobre la posible fabricación de un panel electroluminiscente en instalaciones del país, mediante una investigación aplicada.
- Determinar la viabilidad de instalar y utilizar paneles electroluminiscentes en establecimientos de Chile, por medio de un análisis de factibilidad técnica.
- Definir costos de importar paneles electroluminiscentes a Chile.
- Definir costos de insumos y equipamientos de fabricar paneles electroluminiscentes en Chile.
- Obtener la alternativa más conveniente sobre las opciones evaluadas, a través de un análisis financiero.
- Evaluar el efecto del panel sobre el medio ambiente, mediante una comparación con la tecnología LED.

7 MARCO TEÓRICO

7.1 USO DE ENERGÍA

A medida que ha pasado el tiempo, el ser humano ha ido dependiendo cada vez más de los recursos energéticos. Para el hombre moderno, es impensable la vida sin iluminación, calefacción, refrigeración y transporte. Provocando una dependencia energética, que se ha convertido en un exceso.

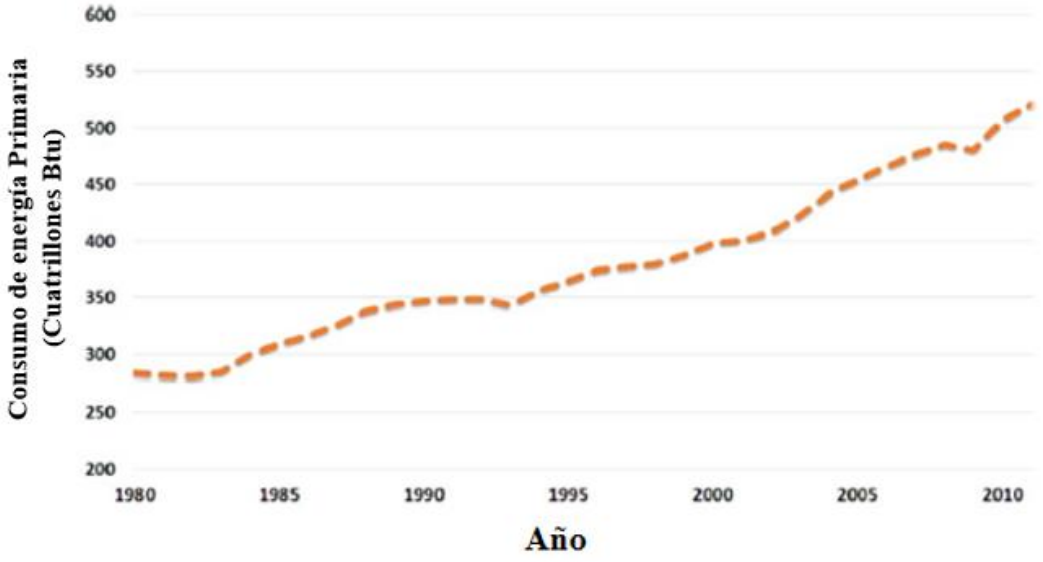


Figura 1: Consumo total de energía (cuatrillones Btu)

Fuente: Kannan & Vakeesan, 2016

La demanda mundial de energía está creciendo rápidamente debido a la explosión demográfica y los avances tecnológicos. Por lo tanto, es importante buscar una fuente de energía renovable confiable, rentable y duradera. (Kannan & Vakeesan, 2016).

La Figura 1 muestra el consumo total de energía en cuatrillones Btu en todo el mundo. Desde la presentación de este gráfico se puede confirmar que la demanda mundial

de energía aumenta significativamente con el pasar de los años, donde alrededor de 545 cuatrillones Btu se han consumido en el año 2014 (International Energy Statistics).

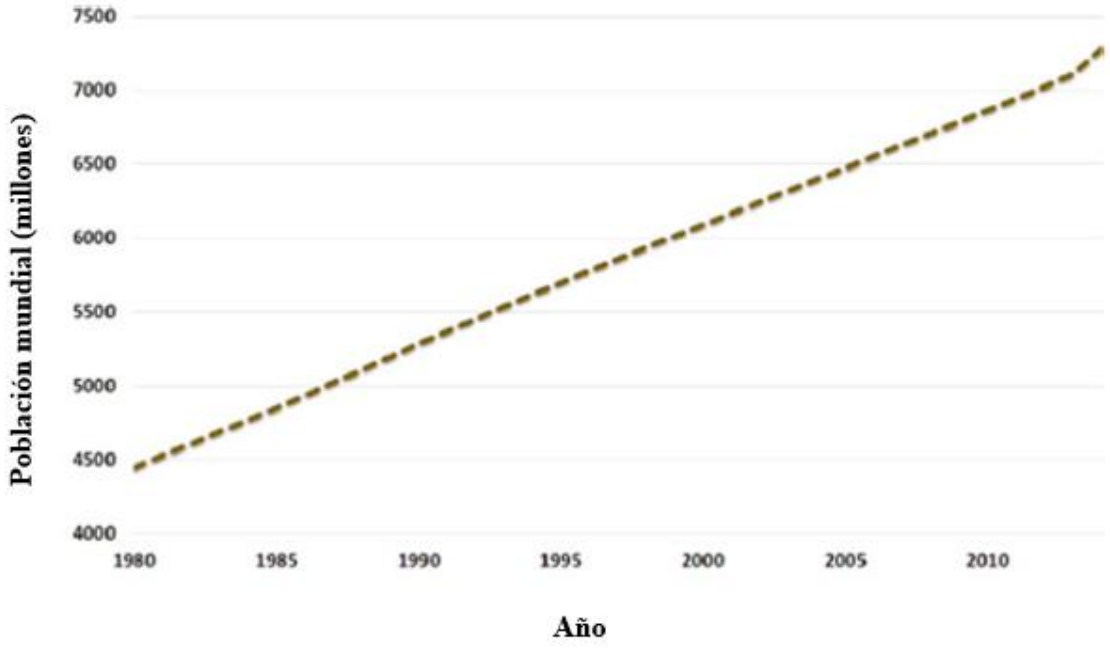


Figura 2 Situación mundial de la población (en millones)
Fuente: Kannan & Vakeesan, 2016

La principal razón de que el consumo de la energía aumenta significativamente es el crecimiento de la población. La Figura 2 explica que alrededor de 7.282,46 millones de personas están viviendo en el mundo al año 2014 (Kannan & Vakeesan, 2016). Por ende, se necesitan muchas fuentes para satisfacer esta demanda de energía en todo el mundo.

La situación energética actual debe ser planteada como una crisis. Definitivamente, no podemos continuar con este modelo de desarrollo que no cumple con su rol principal, el cual no es la ganancia empresarial, sino asegurar que los habitantes tengan acceso a los

recursos energéticos para garantizar buenas condiciones de vida, y obviamente, cuidar el medio ambiente.

La humanidad se enfrente a una crisis energética mundial, y debemos comenzar a buscar soluciones para ponerlas en acción, antes que se agoten los combustibles fósiles. De esta manera, se hace necesario comenzar a hablar de eficiencia energética.

7.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA

"El uso eficiente de la energía es reducir la cantidad de energía eléctrica y de combustibles que utilizamos, pero conservando la calidad y el acceso a bienes y servicios" (ACEE, 2013). Usualmente dicha reducción en el consumo de energía se asocia a un cambio tecnológico, ya sea por la creación de nuevas tecnologías que incrementen el rendimiento de los artefactos o por nuevos diseños de máquinas y espacios habitables, los que pueden disminuir la perdida de energía por calor. No obstante, no siempre es así, ya que la reducción en el consumo de energía puede estar vinculada a una mejor gestión o cambios en los hábitos y actitudes.

La eficiencia energética constituye un elemento fundamental para el mundo entero, en especial en lo que se refiere al calentamiento global. Además, debido al estado actual del mundo, frente al ámbito energético y medio ambiental, el ahorro y la eficiencia energética aparecen como la principal opción desde del ámbito energético para responder estos desafíos. Trabajar de la mano con la eficiencia energética, permitirá ahorrar los escasos recursos económicos, como también, el agotamiento de los escasos recursos fósiles (Linares, 2009).

La clave para la existencia de estos ahorros reside en el hecho de que no consumimos energía, sino servicios energéticos: por tanto, puede ser posible proveer el mismo nivel de servicio energético con un menor nivel de consumo de energía.

7.3 ILUMINACIÓN

Uno de los grandes tipos de energías que utiliza el ser humano es la iluminación, proveniente de la palabra iluminar, del latín *illuminatio.* La cual significa alumbrar, dar luz o bañar de resplandor (RAE). En la actualidad, se pueden encontrar distintas fuentes de luz, las cuales nos ofrecen un sinfín de posibilidades para adecuar la iluminación a cada espacio y actividad.

Aproximadamente un 19% del consumo de energía a nivel mundial está destinado a la iluminación (CNE,2009). Debido a esto, es imprescindible lograr innovar en este ámbito, de manera de encontrar nuevas tecnologías que nos aporten luminosidad, utilizando la eficiencia energética.

La forma de reducir este consumo no es renunciar a la cantidad ni a la calidad de la luz, ya que esto afectaría el confort y bienestar de las personas; sino que comenzar a utilizar sistemas de iluminación más eficientes.

En este caso, se realizará una investigación sobre un sistema de iluminación que utiliza el fenómeno de la luminiscencia; por ende, se estudiará este tipo de emisión de luz con mayor detalle.

7.3.1 LUMINANCIA

La luminancia es una medida de la densidad de la intensidad luminosa emitida por una fuente de luz en una dirección dada. Normalmente, una superficie luminosa tendrá una

luminancia diferente cuando se observe desde diferentes direcciones. Esta intensidad luminosa se mide en candela por metro cuadrado, ósea, **cd/m^2**.

7.3.2 LUMINOSIDAD

La luminosidad es la cantidad de flujo luminoso emitido por una superficie. Este término se asocia a veces con el concepto de luminancia, brillo o luz; ya que también indica el aspecto luminoso del color estudiado. Este término se mide en lux, equivalente a un lumen/m^2, tiene relación con el lumen; debido a que éste se utiliza para medir el flujo luminoso emitido por una fuente.

7.3.3 LUMINISCENCIA

La luminiscencia es la emisión de luz cuyo origen no radica exclusivamente en las altas temperaturas, sino que, por el contrario, es una forma de "luz fría" en la que la emisión de radiación lumínica es provocada en condiciones de temperatura ambiente o baja. Cabriales (2004), la define como la des-excitación de un átomo o molécula, por emisión de fotones.

La excitación del material luminiscente es un prerrequisito para la emisión. Debido a esto, según el origen de la excitación el proceso luminiscente puede ser designado de distintas formas:

- Fotoluminiscencia: cuando se utilizan fotones de baja energía para excitar el material.
- Electroluminiscencia: cuando se utiliza un campo eléctrico para excitar el material
- Bioluminiscencia: ocurre si la reacción química se produce en un organismo vivo.
- Sonoluminiscencia: cuando el material se excita por ultrasonido.

- Incandescencia: cuando el material se excita térmicamente.
- Magneto luminiscencia: cuando la excitación es inducida por campos magnéticos.

7.3.4 ELECTROLUMINISCENCIA

La electroluminiscencia es un fenómeno óptico y eléctrico en el cual un material emite luz en respuesta a una corriente eléctrica, que fluye a través de él (Mauch, 1996). También conocida como el fenómeno de "emisión fría" de luz por un material luminiscente expuesto a un campo eléctrico. Henry Round fue el primero en observar este fenómeno en 1907 pasando una corriente a través de un detector de carburo de silicio (Round, 1907).

Según Krasnov (2013) la electroluminiscente es un término genérico para cuatro tipos de dispositivos, los cuales son:

- Diodos emisores de luz (LEDs) (tanto inorgánicos como orgánicos)
- Dispositivos de fosforo en polvo
- Dispositivos de electroluminiscencia de película delgada(TFEL)
- Dispositivos electroluminiscentes de dieléctrico grueso.

7.3.5 DISPOSITIVO ELECTROLUMINISCENTE

La estructura básica de un Dispositivo Electroluminiscente consiste en una o más capas orgánicas semiconductoras situadas entre dos electrodos. Estos materiales orgánicos pueden ser, o bien polímeros, o moléculas de pequeño tamaño. Arias et al. (2002) define que un dispositivo electroluminiscente está constituido principalmente por cuatro partes, (Figura 3), teniendo cada una un rol bien específico.

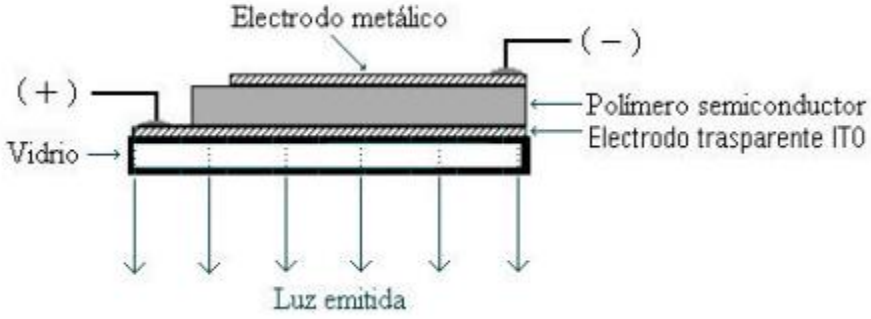


Figura 3: Diagrama esquemático de un dispositivo electroluminiscente

Fuente: Arias et al.,2002

Los componentes que constituyen al dispositivo electroluminiscente son:

- Un sustrato rígido que generalmente es vidrio o un polímero flexible.
- Un electrodo transparente y conductor del tipo ITO (electrodo positivo o ánodo), por el cual se inyectan cargas positivas y se polariza positivamente cuando el diodo se somete a tensión eléctrica.
- La película o películas nanométricas orgánicas, constituidas por un polímero de material orgánico semiconductor.
- Un electrodo negativo o cátodo, que inyecta electrones constituido normalmente por un metal que de deposita sobre la película emisora por evaporación al vacío, aunque también pueden encontrarse comercializados en el mercado.

7.3.6 PANEL ELECTROLUMINISCENTE

Durante casi un siglo desde su descubrimiento, la electroluminiscencia ha madurado desde una curiosidad científica hasta una tecnología poderosa, que ha sido importante en nichos de mercado para equipos industriales, militares y médicos en forma de pantallas

TFEL y LEDs inorgánicos. La cual está dando los primeros pasos en hacer una contribución significativa al creciente mercado de pantallas planas electroluminiscentes.

Los paneles electroluminiscentes son láminas de plástico flexible, en donde la pantalla de este dispositivo utiliza el principio de electroluminiscencia. Por razones técnicas, en épocas tempranas solo se pudieron elaborar pequeñas áreas de panel electroluminiscentes. La cual se utilizaban como instrumentos, como por ejemplo en la iluminación del medidor o la fuente de luz de fondo LCD. Hoy en día, gracias a la tecnología de patentes de innovación cuántica de fluorescencia, resalta la vida del color y se aplica ampliamente en el área comercial de publicidad y decoración.

La forma de funcionar del panel electroluminiscente es que produce luz visible al liberar fotones, al excitar una sustancia, como el fósforo, y devolverla a su estado fundamental (Hart, Lenway & Murtha, 1999). Las pantallas electroluminiscentes se usan para aplicaciones como pantallas de fondo, paneles de control y empaques para el consumidor. Una combinación de diferentes materiales se debe organizar adecuadamente para que funcione correctamente el circuito impreso. Las pantallas electroluminiscentes constan de una estructura estratificada con un electrodo conductor frontal y posterior, con capas de fosforo y dieléctrico en el medio (DuPont, 2006).

7.3.6.1 COMPOSICIÓN DEL PANEL ELECTROLUMINISCENTE

Como se nombra en el apartado anterior, las pantallas electroluminiscentes constan de diferentes capas que logran la constitución del panel, produciendo luz visible para el ojo humano. Según Kopp & Nixon (2012), el panel electroluminiscente está formado como se muestra en la Figura 4.

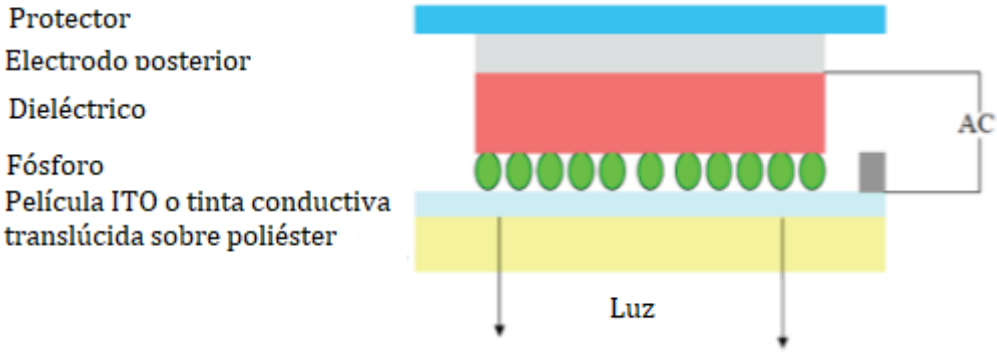


Figura 4: Ejemplo N°1 de secuencia de compilación de una pantalla electroluminiscente
Fuente: Kopp & Nixon, 2012

La primera capa del panel electroluminiscente generalmente está compuesta por una película translúcida recubierta con ITO (Óxido de estado e indio) que actúa como sustrato, o puede estar recubierta con un polímero conductor. Alternativamente, se puede utilizar tinta translúcida conductora impresa con serigrafía sobre un sustrato de base transparente. Esta capa se utiliza como electrodo frontal.

Posterior a la película ITO, viene la capa de fósforo. Esta capa es imprescindible en la composición del panel, ya que cuando se conecta a una fuente de alimentación de corriente alterna (CA), el fósforo es el responsable de emitir luz. Por lo cual, en esta capa se debe tener impreso el diseño que se desea para el panel electroluminiscente.

Luego viene el dieléctrico, que actúa como una capa aislante que se utiliza para prevenir la formación de arco entre las capas conductoras (Hart et.al., 1999). Después de la capa dieléctrica, viene el electrodo posterior; que generalmente se usa un conductor de plata o de carbón. Finalmente, se encuentra la capa protectora final, donde su objetivo es

proporcionar protección contra humedad y aislamiento eléctrico por razones de seguridad. Alternativamente, una capa protectora puede ser serigrafiada usando una tinta de curado UV. Se destaca que, en serigrafía las tintas funcionales de las capas deben mantener cierta viscosidad y tensión superficial para evitar problemas (Schroeter, 2007).

Cuando se aplica una fuente de alimentación a ambos electrodos del circuito impreso, la tinta ITO se carga con un potencial negativo, mientras que el electrodo posterior se carga con un potencial positivo. Entre las cargas positivas y negativas, se crea una corriente de desplazamiento (Iskander, 1992). Por otro lado, una corriente es el flujo de electrones desde el potencial negativo al positivo, y la corriente de desplazamiento proviene del campo electromagnético generado por la diferencia de potenciales entre la capa de ITO y el electrodo posterior. Esta corriente se mueve continuamente a través del fosforo del circuito, haciendo que emita luz (Iskander, 1992). La intensidad de la luminiscencia está determinada por la cantidad de corriente de desplazamiento que puede viajar a través de la tinta conductiva para interactuar con el fósforo.

Se destaca que el término fósforo se refiere a compuestos que tienen una naturaleza electroluminiscente, y no porque estén compuestos con el elemento fósforo. Estos materiales usualmente contienen un material portador que pueden ser óxidos, nitruros, oxinitruros, y otros. Los cuales se encuentran dopados con pequeñas cantidades de iones activadores o iones de metales de transición. Generalmente, los fósforos son polvos hechos de materiales como el sulfuro de zinc, que están diseñados para fosforescencia a longitudes de onda características (colores). El color se puede definir durante la fabricación del fósforo, o se puede lograr mezclando fósforos de diferentes colores para lograr el

compuesto. El tamaño de partícula del polvo de fósforo se selecciona para proporcionar la mayor eficiencia de emisión de luz.

Por otro lado, la composición explicada anteriormente es una forma de construir un panel electroluminiscente, ya que existen otras formas de conformar el panel. A manera de ejemplo, en la Figura 5 se muestra otra opción de compilar un panel electroluminiscente, donde esta forma se diferencia de la anterior ya que las capas fueron ordenadas en un sentido diferente. Alternativamente, se pueden agregar más capas dieléctricas o de fósforo, de manera que la eficiencia e iluminación del panel se vea mejorado y tenga mejor rendimiento.

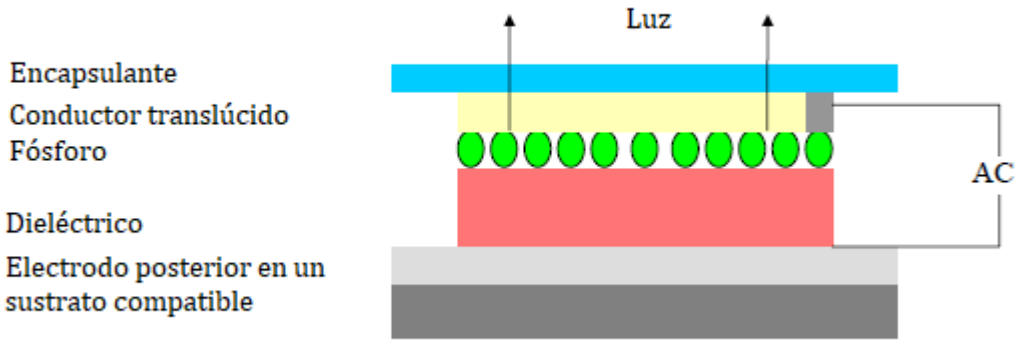


Figura 5: Ejemplo N°2 de secuencia de compilación de una pantalla electroluminiscente

Fuente: Kopp & Nixon, 2012

Se dice que los paneles electroluminiscentes son bastante similares a los condensadores a excepción de la capa de fósforo. Se piensa en una pantalla electroluminiscente como un "condensador con pérdidas", ya que se carga eléctricamente y luego pierde su energía en forma de luz (Hart et.al., 1999).

7.3.6.2 CARACTERÍSTICAS DEL PANEL ELECTROLUMINISCENTE

El panel electroluminiscente posee las características que se muestran a continuación.

- **Panel:** En cuanto a la claridad luminosa, el LED es un punto de luz y el tubo fluorescente es una línea de luz. Estos dos tipos de fuentes de luz no son uniformes en áreas grandes, por ende, solo sirven para pequeñas áreas. En cambio, el panel electroluminiscente está impreso en un plano; en otras palabras, es uniforme y delicado, con una alta transparencia y distancia visible. Posee una buena penetración en distintas situaciones climáticas, en la niebla, lluvia y humo; en concreto, al aire libre la publicidad no se ve afectada por el clima.
- **Ahorro de energía, protección del medio ambiente y seguridad:** Una de las ventajas de este dispositivo es que produce luz y no calor, por lo que no existe el riesgo que se caliente hasta producir un accidente. Por ende, es un dispositivo más seguro. Además, se dice que se ahorra energía, ya que consume entre 75-90% menos electricidad que cualquier otra fuente de luz. Finalmente, no produce radiación ultravioleta, como tampoco posee mercurio en sus componentes; por lo que se descartan los riesgos de mercurio que posee la lámpara fluorescente.
- **Resistencia a la compresión:** El panel no se daña por extrusión externa, incluso se puede dividir en varias piezas pequeñas. Se puede utilizar en el suelo y ser arrollado arbitrariamente sin provocar algún daño o desperfecto.
- **Imagen de alta calidad**: La imagen no cambiara de color después de un año de funcionamiento. La publicidad en interiores utiliza películas fotográficas de impresión digital, de alta definición. El dispositivo muestra una hermosa imagen de la publicidad, de esta forma el efecto visual es artístico, fuerte y llamativo.

7.3.6.3 VENTAJAS DEL PANEL ELECTROLUMINISCENTE

La capacidad de imprimir una imagen que puede ser estimulada por una corriente eléctrica presenta una solución rentable si se fabrica correctamente el panel. Esta tecnología podría cambiar la forma en que se ven los productos de consumo y mejorar drásticamente la experiencia de compra del consumidor. En este ámbito, las ventajas del panel electroluminiscente son:

- **Delgado**: El panel electroluminiscente posee un espesor de 0.2 a 0.5 mm aproximadamente. Las tecnologías de iluminación que se utilizan hoy en día, como los tubos fluorescentes tradicionales o cajas de luz LED, poseen un cierto espesor de espacio, normalmente alrededor de 2-20 cm. En cambio, este producto al poseer un espesor pequeño es posible ahorrar gran cantidad de espacio.
- **Peso:** el peso es de aproximadamente 500 g/m^2, lo cual hace más ventajosa su instalación. La caja de luz tradicional requiere de una construcción compleja y pesada para completar su instalación. En cambio, este producto solo requiere adhesivo de doble cinta transparente para que sea instalado en la posición requerida, independiente de su superficie (curva, recta, etc).
- **Llamativo:** Una imagen de publicidad dinámica extravagante será atendida o tomada en consideración, más del 50% de las veces, que una imagen publicitaria que utiliza un sistema de iluminación tradicional.
- **Flexible**: El dispositivo posee la capacidad de flexionarse y adecuarse a cualquier superficie, independiente de su forma. Es fácil de pegar en cualquier parte, siendo ventajoso para aquel lugar en donde la caja de luz tradicional no puede ser instalada.

8 METODOLOGÍA

El desarrollo de tecnología de eficiencia energética se ha vuelto un tema de importancia a nivel mundial. Las aplicaciones para los paneles electroluminiscentes son variadas, desde las más sencillas, como luz de fondo de medidores y relojes, a unas más utilizadas como publicidad y marketing.

Para llevar a cabo la investigación, se realizará un análisis de factibilidad técnica, financiera y económica-ambiental, que permita obtener información de la fabricación de paneles de electroluminiscentes en Chile. La investigación se desarrollará bajo el esquema de Proyecto Factible, que tiene como objetivo central, el determinar la factibilidad técnica, económica y operativa de un producto. La investigación se presentará en base al modelo de formulación y evaluación de proyectos (Blanco, 2001).

El modelo adecuado para esta investigación se presenta en la Figura 6.

Figura 6: Modelo de formulación y evaluación de proyectos
Fuente: Elaboración propia, en base a Blanco (2001)

8.1 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Para iniciar con este análisis es necesario conocer el concepto de factibilidad, el cual se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos y metas señaladas. Este estudio sirve para recopilar datos relevantes sobre el desarrollo de un proyecto y en base a ello tomar la mejor decisión, correspondiente a dar continuidad al desarrollo o implementación.

Mediante el cumplimiento del objetivo general y específicos de esta investigación, se pretende obtener un beneficio de introducir un nuevo tipo de iluminación, que permita a la sociedad optar por algo nuevo, eficiente e innovador.

El análisis de factibilidad se apoya en tres aspectos básicos:

- Factibilidad Técnica
- Factibilidad Financiera
- Factibilidad Económica – Ambiental

Cabe mencionar que dentro de un análisis de factibilidad un punto importante se desprende del análisis económico, ya que, de acuerdo con Sánchez (2008), un sistema puede ser factible desde el punto de vista técnico y operacional, pero si no es factible económicamente para la organización o inversionistas, no puede ser implantado.

8.1.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA

El objetivo del estudio técnico consiste en analizar y proponer diferentes alternativas de proyecto para producir el bien que se desea, verificando la viabilidad técnica de cada una de las alternativas. A partir del mismo, se determinan los costos de inversión

requeridos, y los costos de operación que intervienen en el flujo de caja que se realiza en el estudio financiero (Sánchez, 2008).

Para este caso, en particular, el estudio se inicia con la investigación sobre la fabricación de los paneles electroluminiscentes, considerando los siguientes puntos:

- Proceso de producción
- Tecnología utilizada
- Localización e infraestructura de planta

Para luego seguir con temas como la posible instalación de esta tecnología en Chile, en qué lugares será más conveniente la utilización de estos paneles; como también, si es factible la instalación y funcionamiento de estos aparatos. Posterior a esto, se inicia la investigación de las restricciones técnicas de instalar la tecnología de paneles electroluminiscentes.

Por otro lado, se estudia el caso de comprar un panel electroluminiscente en el extranjero, de manera que el producto llegue listo para ser instalado. Junto a esto, se estudia e investigan las posibles restricciones sobre la compra e instalación de este producto en el país.

Con esta información, se presentan las dos opciones viables para instalar paneles electroluminiscentes, de manera que, en conjunto con la información de los próximos estudios se pueda determinar que opción es más conveniente.

8.1.2 FACTIBILIDAD FINANCIERA

El estudio financiero de un proyecto se realiza con criterios que comparan flujos de beneficios y costos; que permite determinar si conviene realizar el proyecto. En presencia de varias alternativas de inversión, la evaluación es un medio útil para fijar un orden de prioridad entre ellas, seleccionando las opciones más rentables y descartando las que no lo sean.

Por lo que, en este capítulo se evaluaran los costos y beneficios de las opciones presentadas en el estudio de factibilidad técnica, que resultaron viables. Para lo cual, se consideran ciertos factores para determinar que opción es más conveniente. Algunos de estos factores serán:

- Inversión Total.
- Gastos de operación.
- Costos de mano de obra e infraestructura.

Para cada alternativa viable presentada en el estudio técnico, se obtendrá un flujo total. De esta manera, se podrán comparar las opciones según sus montos finales, y así, se pueda tomar una decisión más concreta, sobre que alternativa es la más rentable financieramente.

Con el objetivo de conocer el efecto de las posibles variaciones de parámetros decisorios, es que se realiza un análisis de sensibilidad del proyecto. Este análisis permite medir cuan sensible son las variaciones de uno o más parámetro en la rentabilidad del proyecto.

En una primera instancia, se realiza un estudio unidimensional, variando los parámetros uno a uno y visualizando el efecto que posee cada variable. Posterior a esto, se realiza un

estudio multidimensional en donde se varían los mismos parámetros del análisis anterior pero en forma conjunta, de tal forma de medir el efecto que posee cada variable sobre el proyecto y la rentabilidad de las opciones presentadas.

8.1.3 FACTIBILIDAD AMBIENTAL

En el estudio de todo proyecto, se debe considerar los posibles impactos ambientales que éste puede generar y la normativa aplicable sobre él. Es por esto, que para el proyecto de investigación se considera un estudio de impacto ambiental del panel electroluminiscente.

Este estudio tiene por objetivo la identificación, cuantificación, valoración e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de este; todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de los órganos competentes.

La cuantificación de los impactos ambientales que podría producir el panel electroluminiscente se evaluara mediante la Huella de Carbono.

La Huella de Carbono (HC) representa un indicador de sostenibilidad ambiental ya que cuantifica la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto (Ihobe, 2009). Dichas emisiones son consecuencias de la producción de energía eléctrica, uso de combustibles fósiles, operaciones de transporte y otros procesos industriales y agrícolas.

La necesidad de realizar este tipo de estudio se debe a la importancia que en la actualidad está cobrando la problemática ambiental relacionada con el calentamiento global, las normas que lo regulan, las metodologías existentes y más extendidas. Debido a

esto, el objetivo del estudio ambiental es la identificación, predicción y evaluación de los efectos positivos o negativos que puede producir el proyecto sobre el medio ambiente físico.

9 FACTIBILIDAD TÉCNICA

La factibilidad de un proyecto considera aspectos técnicos y operacionales, por lo que, para obtener un resultado viable y cercano a la realidad, es importante realizar una investigación exhaustiva, donde será necesario describir procesos productivos, realizar selección de equipos, establecer restricciones y normas que puedan existir.

Por lo cual, en este capítulo se describirá el proceso productivo del panel electroluminiscente, detallando tanto los materiales necesarios, como también, las maquinarias. Posterior a esto, se verificará la factibilidad técnica de la instalación de estos paneles en Chile. Finalmente, se estudiarán las posibles alternativas para la implementación de estos, junto a las correspondientes restricciones que conlleva cada una de las opciones.

9.1 PROCESO PRODUCTIVO

La estructura de un panel electroluminiscente se compone de varias capas que poseen diferentes características, y que cada una de ellas, cumple una función particular. El conjunto de estas produce luz mediante el efecto de la electroluminiscencia. En este apartado, se detalla el proceso de fabricación de un panel, como también los equipos necesarios, y finalmente, el tamaño de la planta que se requiere para confeccionar dichos paneles.

9.1.1 DESCRIPCIÓN DE PROCESO FÍSICO Y UNIDAD PRODUCTIVA

Un panel electroluminiscente es una lámina que posee impresas varias capas de tintas electroluminiscentes de diferentes características, que se encuentra conectado a la electricidad. La unión de estas tintas sobre un sustrato produce el efecto de la

electroluminiscencia, provocando así, la luz. En la Figura 7 se muestran las capas que posee un panel electroluminiscente.

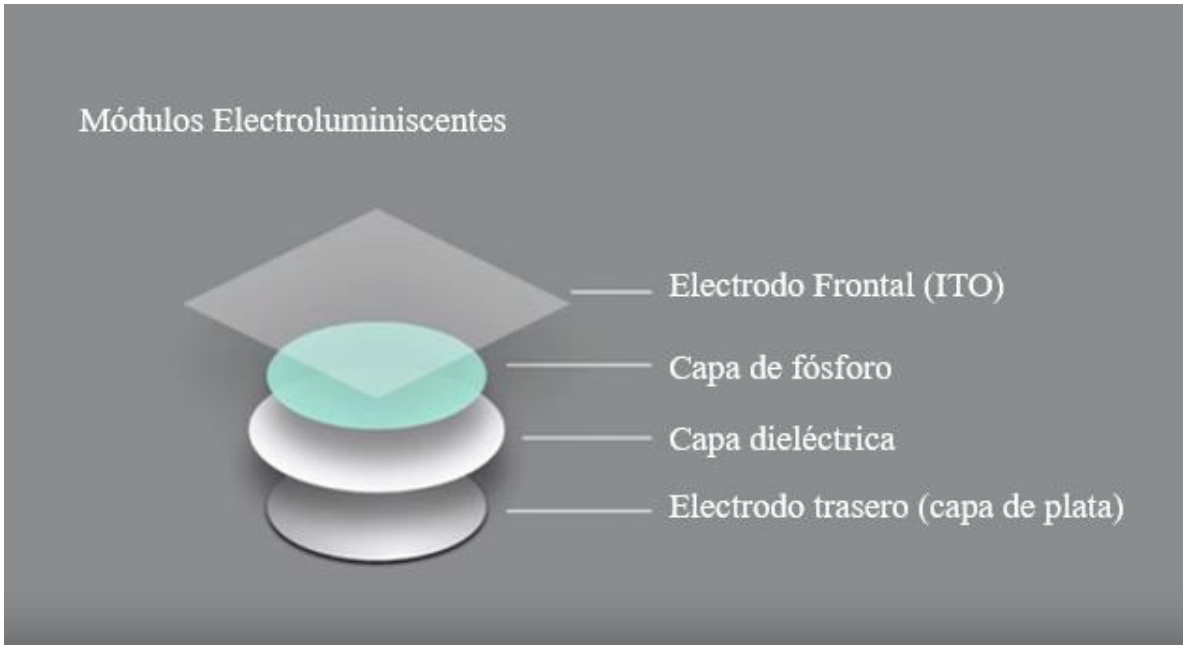


Figura 7: Composición de panel electroluminiscente

Se utiliza un sustrato que puede ser de vidrio o de plástico, el cual debe ser recubierto de óxido de estaño e indio (ITO). Este compuesto corresponde a un químico que recubre la lámina de vidrio, y que además otorga propiedades conductivas al sustrato. Este sustrato cumple el rol del electrodo frontal, siendo la primera capa del panel electroluminiscente según la Figura 7.

Sobre este mismo sustrato, se imprimen las capas que conforman el panel, para lo cual se utiliza una máquina de serigrafía. Esta máquina se encarga de adherir las tintas electroluminiscentes al sustrato de vidrio recubierto de ITO.

Por otro lado, los paneles electroluminiscentes poseen diseños atractivos, principalmente utilizados para la publicidad. Para otorgar un diseño al panel electroluminiscente, es necesario utilizar una plantilla que posea el diseño seleccionado para el panel. Esta plantilla es un tipo de esténcil, que se utiliza para plasmar el diseño escogido en las capas del panel electroluminiscente, de manera que cuando la tinta se adhiera al sustrato, éstas sigan el mismo diseño.

Este diseño debe ser confeccionado en un programa de computación, y posteriormente ser impreso sobre el esténcil, para lo cual se utiliza un plotter. Esta máquina se encarga de plasmar el diseño sobre el esténcil. De esta manera, el primer paso es imprimir el diseño del panel sobre la plantilla. Donde se necesitan 4 moldes bases, dos para las capas dieléctricas, una para la capa de plata, y la restante, para la capa de fósforo. Se utiliza un molde para cada capa, ya que las capas utilizan distintas tintas, por lo que no se puede reutilizar un molde para más de una capa.

Una vez lista la plantilla con el diseño deseado, se instala en la máquina de serigrafía, de manera que cada vez que se adhiera la tinta al sustrato, se mantenga el diseño escogido.

Posterior a esto, se corta el sustrato recubierto de ITO, del tamaño deseado por el panel y se instala en la máquina de serigrafía. La primera capa del panel es la capa de fósforo, en la cual se utiliza tinta electroluminiscente de fósforo. Esta tinta se adhiere al sustrato por medio de la máquina de serigrafía. Debido a que todas las capas se imprimen sobre el mismo sustrato, es necesario dejar secar cada capa a una temperatura de 220 °F durante 10 minutos en un horno industrial. Por tanto, luego de adherir la tinta de fósforo al sustrato, se introduce al horno a la temperatura indicada y por el tiempo detallado.

Luego de la capa de fósforo, viene la dieléctrica. Para esto, se utiliza tinta dieléctrica, la cual tiene la funcionalidad de ser aislante, poseer un alta constante dieléctrica y buena resistencia de aislamiento. Se utiliza el mismo método de impresión, por medio de la máquina de serigrafía y se introduce al horno por 10 minutos a una temperatura de 220 °F. Se recomienda utilizar más de una capa dieléctrica, ya que otorga al panel una mayor luminosidad y mejor rendimiento en el uso, por lo cual, se repite el mismo proceso nuevamente.

Finalmente, se añade la capa del electrodo posterior, en la cual se utiliza tinta conductiva de plata. Se sigue el mismo procedimiento que las capas anteriores, se utiliza la máquina de serigrafía y posterior a esto, se introduce al horno durante la misma cantidad de tiempo y a la misma temperatura que las otras capas.

Al finalizar este procedimiento, el panel puede ser recubierto por una tinta de protección para rayos UV y humedad, la cual se adhiere al sustrato utilizando el mismo método ya mencionado.

Una vez que todas las capas se adhirieron al sustrato, se debe realizar las correspondientes conexiones eléctricas. Para la operación del panel se utiliza un inversor de corriente, ya que estos paneles utilizan frecuencias y voltajes diferentes a los que se utilizan en las redes eléctricas. Por lo que, es necesario conectar los terminales de un inversor de corriente, sobre un borde del sustrato de vidrio.

Se realizan las conexiones correspondientes soldando los terminales del inversor en un borde del sustrato, puede ser en cualquier borde de éste. Luego de este paso, el panel se encuentra listo para su funcionamiento.

9.1.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS

Como se menciona en la descripción del proceso productivo, se utilizan tres maquinarias para la confección de un panel electroluminiscente. Las cuales son: un plotter, una máquina de serigrafía y un horno industrial.

En este apartado se detallarán las maquinarias elegidas para el proceso productivo, junto a sus especificaciones técnicas y precios.

- **Plotter**

  Para obtener el diseño en las capas del panel electroluminiscente, es necesario que una plantilla posea el diseño seleccionado para el panel. Para esto, se utiliza el plotter, el cual se encarga de plasmar el diseño sobre la plantilla o esténcil. El plotter que se cotiza es un plotter de corte de vinilo. Sus especificaciones se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1 *Descripción técnica de Plotter*

Producto	**Plotter de corte de vinilo**
Número de modelo	SK-1350T
Tamaño	136 x 32 x 39 cm
Ancho de alimentación de papel	1340 mm
Velocidad de Corte	10-800 mm/s
Tensión	110V ~ 220 V
Poder	60 W
Tipo de interfaz	USB
Precio	US $ 315

- **Máquina de serigrafía**

Para adherir cada tinta al sustrato, es necesario utilizar una máquina de serigrafía para lograr este proceso. Debido a los diferentes tamaños que pueden poseer los paneles electroluminiscentes, se cotiza una máquina de serigrafía con grandes dimensiones. En la Tabla 2 se detallan las características de esta maquinaria.

Tabla 2 *Descripción técnica de máquina de serigrafía*

Producto	**Máquina de Serigrafía**
Área de impresión	750 x 1100 mm
Producción	700 a 800 impresiones / h
Sistema de succión	Al vacío
Medidas	1500 x 1200 mm
Precio	US $ 1.435

- **Horno Industrial**

Luego de adherir cada tinta al sustrato, es necesario aplicar calor a esta lámina, de manera que se seque y así proceder a la siguiente capa. Este secado debe ser a 220 °F durante diez minutos. Para lo cual se utiliza un horno eléctrico que utilice tecnología infrarroja.

Se prefiere un horno que posea aquella tecnología, ya que a diferencia de los hornos de convección, que calientan aire que a su vez calienta la pieza, los hornos infrarrojos dirigen directamente la radiación hacia el sustrato logrando un calentamiento más rápido.

El horno que se cotiza es un Horno Secador al vacío infrarrojo, con banda transportadora especialmente utilizado para procesos de serigrafía. Sus detalles técnicos se encuentran en la Tabla 3. El precio de este horno es de US $ 1.200.-

Tabla 3 *Descripción técnica de horno de secado*

Producto	**Horno Secador Infrarrojo**
Modelo	XFP601000
Potencia	12 kW
Área de Secado	1500 x 1000 mm
Rango	0 ~ 300 °C
Sistema de secado	Al vacío
Precio	US $ 1.200

9.1.3 TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN DE PLANTA

Para realizar la fabricación de los paneles será necesario un lugar en donde se instalen las maquinarias y se puedan confeccionar los paneles electroluminiscentes. Requiriendo de un espacio físico de trabajo que funcione como taller.

Se cotiza un lugar que funcione de bodega y taller, el cual se encuentra ubicado en Recoleta, Santiago. Posee un tamaño de 100 m^2, este tamaño es suficiente para instalar las maquinarias para llevar a cabo la fabricación de los paneles. En la Figura 8 se puede observar el mapa del lugar exacto en donde se ubica la oficina cotizada.

Se elige este lugar ya que disfruta de una ubicación preferencial y centralizada en la ciudad de Santiago. Posee servicios básicos de electricidad y agua potable, además de instalaciones sanitarias para el personal.

Esta bodega tiene un precio mensual de 18 unidades de fomento (UF), lo que corresponde a CLP 482.864 aproximadamente.

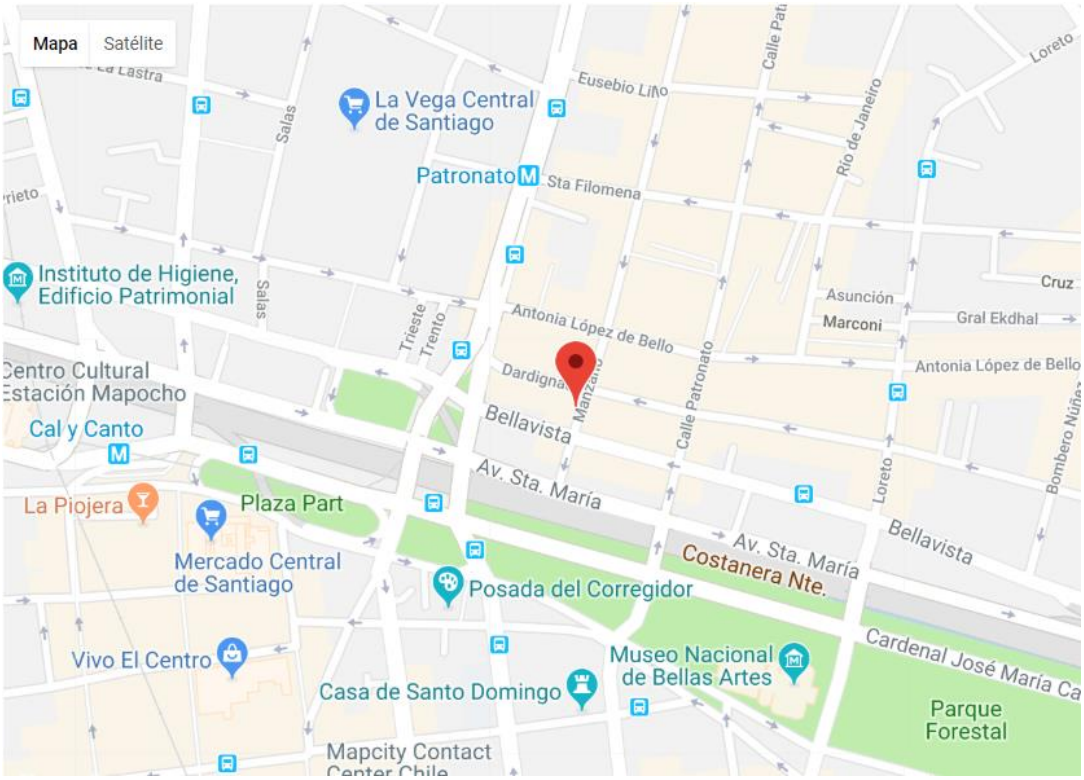


Figura 8: Ubicación de planta

9.2 RESTRICCIONES TÉCNICAS

En una primera instancia, se realiza una investigación sobre las restricciones técnicas asociadas a la instalación del panel electroluminiscente en Chile, en base a información técnica, tal como la red eléctrica que utiliza, tipos de conexiones, temperaturas necesarias y otros.

9.2.1 RESTRICCIONES DE INSTALACIÓN

Los paneles electroluminiscentes para producir luz necesitan el paso de una corriente eléctrica, por lo cual son conectados a un inversor de corriente que se utiliza como fuente de energía. Un inversor es un convertidor de corriente DC-AC, en otras palabras, cambia el

voltaje de entrada de corriente continua (DC) a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna (AC), con una magnitud y frecuencia deseada por el usuario. Existe gran variedad de inversores que poseen distintos rangos de voltaje y frecuencias.

En Chile, actualmente se utiliza una corriente de 220 V y 50 Hz de frecuencia, por ende, para lograr conectar el panel electroluminiscente a la red eléctrica del país, solo se debe tener un inversor de corriente que opere en estos rangos. De esta manera, el inversor recibe la energía de la red de 220 V, y la convierte a un voltaje apto para el panel.

Junto a esto, se presentan las especificaciones técnicas de un panel electroluminiscente estándar. De esta forma, se comprenderán las condiciones mínimas que se necesitan para que el panel pueda operar. En la Tabla 4, se presentan los datos.

Tabla 4 *Especificaciones técnicas de un panel electroluminiscente*

Fuente de Alimentación	DC1.5 a 24 V y/o AC 110/220 V
Voltaje de trabajo	AC 60 V a 220 V
Frecuencia de trabajo	50 a 1.5k Hz
Temperatura de trabajo	-30 °C a 60 °C
Temperatura de almacenamiento	-30 °C a 80 °C
Brillo	30 a 200 cd/m^2
Potencia de trabajo	20 – 80 W/m^2
Consumo de energía	2-7 mW/cm^2
Longitud de onda	450 nm a 750 nm
Tiempo de vida	5.000 – 20.000 h

De lo cual, se observa que el panel puede operar con el voltaje y frecuencia utilizado en Chile. Ya que en sus rangos de operación se encuentra el voltaje de 220 V y la frecuencia de 50 Hz. En cuanto a la temperatura de trabajo y almacenamiento, los rangos son factibles en las instalaciones del país, por lo que no presentan una restricción para el funcionamiento del panel.

Posteriormente, se presenta la potencia de trabajo y consumo de energía en unidades de longitud, por lo que dependerá de la dimensión del panel electroluminiscente, para conocer el total de energía que consume.

Finalmente, el tiempo de vida del panel es extenso, en donde existe un rango entre 5.000 y 20.000 horas. La diferencia entre los límites se debe a que la vida útil de un panel depende de las condiciones de luz ambiental, del producto terminado, del brillo mínimo para la aplicación, la potencia disponible que se otorgue, y otras particularidades. Por ejemplo, si se desea que un mayor brillo del panel, se aumenta el voltaje y la frecuencia otorgada; sin embargo, la vida del panel se ve afectada, ya que disminuye su tiempo útil.

En base a esto, no hay ninguna restricción técnica para la operación de un panel electroluminiscente en las dependencias del país. Por lo que, la instalación del producto sí puede realizarse en Chile.

9.2.2 FACTIBILIDAD DE INSTALACIÓN

En el punto anterior en este mismo capítulo, se determina que sí es posible la instalación de paneles electroluminiscentes en Chile. Por lo que, en este apartado se estudiará que tan factible es la aplicación de estos paneles.

Para estudiar la factibilidad de su instalación, se realiza una comparación entre dos sistemas de iluminación alternativos. Se toma como productos de comparación la luz convencional de una ampolleta halógena, y una luminaria LED. Las tres luminarias de dimensiones similares con el fin de contrastar las distintas características que posee cada una. Esto se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5 *Comparación de sistemas de iluminación*

	Panel EL	**Luz convencional**	**LED**
Brillo [lux]	300 - 800	300 - 500	500-1000
Vida útil [h]	20.000	4.000	20.000
Voltaje [V]	3-220	220	220
Seguridad	Buena	Peligrosa	Común

En cuanto a la luminosidad que aporta cada sistema, se tiene que el panel electroluminiscente es capaz de producir la misma cantidad de brillo, o más que la luz convencional. Por lo que la opción planteada, no se encuentra en desventaja con la alternativa tradicional, ya que puede igualar o superar la cantidad de brillo que produce la ampolleta convencional. En base a esto, no habría problema en utilizar paneles electroluminiscentes en lugares donde se utilice la luz convencional. En la misma fila, se observa que la luminaria LED puede generar la misma cantidad luminosa o más, siendo la más conveniente para lugares que se requiera una cantidad mayor de luz.

Con respecto a la vida útil, se obtiene que el panel electroluminiscente posee una mayor duración estimada de horas de funcionamiento que la luz convencional. De igual

forma, la luminaria LED también posee una vida útil muy prolongada. Esto se debe, que las nuevas lámparas o ampolletas no poseen partes internas móviles que se puedan dañar. Sin embargo, se destaca que los valores expuestos en la Tabla 5, son valores estimativos ya que la vida útil de una luminaria depende de la temperatura ambiente, las condiciones de luz ambiental, bajo que potencia trabaja, el nivel de brillo que se utiliza, etc.

Para el voltaje no hay grandes diferencias, ya que en Chile se utiliza 220 V para todos los productos eléctricos. Por lo cual, no existe desigualdad entre los tres sistemas de iluminación. La única ventaja que tiene el panel electroluminiscente es que puede operar en voltajes más bajos.

Finalmente, al hablar de seguridad, sin duda el panel electroluminiscente es el más seguro, ya que no produce calor al momento de funcionar, como tampoco, produce ningún tipo de radiación. En cambio, la ampolleta tradicional, se ha caracterizado por el aumento de temperatura si es que la dejamos encendida durante largo tiempo, efecto que puede ser muy peligroso en el área industrial en caso de que estas luminarias se encuentren cercanas a elementos propensos a la combustión. Por otro lado, el LED posee una seguridad promedio, ya que la resistencia de estas ampolletas es muy superior a la alternativa tradicional, ya que no utiliza filamentos luminiscentes ni vidrio o gases; siendo más resistentes a vibraciones. No obstante, al ser sometida a un impacto de gran fuerza puede producir el quiebre de su moldura o armazón. Por esto, en cuanto a seguridad el LED se ubica entre la alternativa tradicional y el panel electroluminiscente, siendo este último el más seguro.

En base a esta comparación, se determina que el panel electroluminiscente es factible para utilizarse en Chile. Ya que otorga una cantidad luminosa igual o mayor a la ampolleta tradicional, como también, entrega más seguridad, confiabilidad y duración.

9.2.3 DONDE SE UTILIZAN LOS PANELES ELECTROLUMINISCENTES

Hoy en día, los paneles electroluminiscentes se utilizan en la publicidad mayoritariamente, debido a su llamativo color y gran desplante. Es muy común verlos en grandes afiches y/o pancartas promocionando distintas marcas y productos del mercado. Sin embargo, existen múltiples usos para estos paneles.

Se utilizan en equipos electrónicos, ya sea como luz de fondo en relojes o en televisores; en juguetes y juegos para niños, debido a su llamativa luz, y de igual manera en móviles, computadoras y controles remotos. Su tamaño delgado, junto con su elevado contraste y gran ángulo de visión los hace muy atractivos para este tipo de aplicaciones. También se utiliza en carteles de seguridad y signos animados, para demarcar salidas y resaltar señales en lugares oscuros, como salidas de emergencias; ya sea tanto en cines, como en edificios, hospitales, etc.

Otra área en donde se utiliza es en la arquitectura, generalmente con fines decorativos. En exteriores puede usarse, para iluminar bancas o asientos que se encuentren al aire libre. En interiores, se utiliza en los bordes de las paredes y en decoración. También se ha visto su uso en exposiciones de esculturas de arte, de manera de dar a la obra un sentido diferente y fuera de lo común.

Debido al gran avance e innovación en la tecnología, ahora los paneles no solo iluminan, sino que poseen una gama de acciones adicionales a la iluminación que hacen que el panel electroluminiscente sea más llamativo aún. Se han realizado pruebas conectando un Arduino al panel y mediante una configuración avanzada, se ha logrado que no sea solo una luz estática, sino una gama de colores que se van prendiendo según una secuencia de colores y tiempo. Otra aplicación que se ha logrado es agregar sonido al

panel, de manera que cuando se toque cierto color, se emite una nota musical asociado a ese color.

Las nuevas creaciones y avances en la tecnología dan pie a una cantidad ilimitada de nuevas aplicaciones para estos paneles. En donde, ya no solo se utilizarán en iluminación de fondo de pantallas o salidas de emergencias.

9.3 RESTRICCIÓN DE COMPRA

En una segunda instancia, se investigan las posibles restricciones que pueden existir al realizar la compra de un panel electroluminiscente en un país extranjero, para ser instalado en Chile. Por lo que, en este apartado se desarrollarán temas sobre las políticas de importación, la normativa vigente del país, y otros.

9.3.1 POLÍTICAS DE IMPORTACIÓN

Se sabe que cada país establece normas de ingreso y restricciones para los envíos, es decir, para las importaciones y exportaciones. Por lo que, antes de realizar una compra en el extranjero o realizar un envío, se deben revisar las normativas y políticas que posee el país.

Según el Servicio Nacional de Aduanas de Chile (Aduanas, 2007):

> "Puede importarse cualquier tipo de mercancía, salvo aquellas que se encuentren expresamente prohibidas por la legislación vigente, como, por ejemplo: vehículos y motocicletas usadas, asbesto en cualquiera de sus formas, pornografía, desechos industriales, y otras mercancías, que de acuerdo con la legislación vigente, se encuentren con prohibición de importar"

En base a esto, en ninguna de estas categorías se encuentra el panel electroluminiscente.

Por otro lado, si el producto a importar posee algún tipo de batería incorporada o suelta, se aplica otro tipo de normativa. Debido a que cualquier tipo de batería, según la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA), es considerado como "producto peligroso", el cual puede suponer un riesgo para la seguridad si no se preparan de acuerdo con las normas de transporte. En donde debe seguir otro proceso de aduana.

Sin embargo, el panel electroluminiscente no considera el uso de ningún tipo de batería. Por lo tanto, no existe ninguna restricción que prohíba importar.

9.3.2 TASAS IMPOSITIVAS

Para que una mercancía entre al país de destino, debe seguir ciertos procedimientos y procesos, cumpliendo formalidades y normativas necesarias para su ingreso. Uno de estos es el pago de impuestos, asociados al costo de la mercancía.

Por regla general, las importaciones están afectas al pago del derecho ad-Valorem, que corresponde al 6 % sobre su valor CIF[2] y pago del IVA, el 19 % sobre su valor CIF más el derecho ad-Valorem (Aduanas, 2007).

Se destaca que el pago del derecho ad-Valorem, se realiza solo cuando el país de donde se está importando, no posee Tratado de Libre Comercio (TLC) con el país de destino, en este caso Chile. Por otro lado, el pago del impuesto del IVA, siempre se realiza.

9.3.3 LÍMITES DE IMPORTACIÓN

Con relación a la cantidad de productos a importar, no existe ningún límite en cuanto a la cantidad de mercancías que se ingresarán al país. Siempre y cuando, estas se encuentren dentro de los productos permitidos para importar y cumplan con todas las

[2] Término de comercio internacional para referirse al costo, seguro y flete de la logística marítima o fluvial, que el vendedor aporta.

normativas vigentes del país. Por lo que, se pueden ingresar grandes volúmenes de productos al país.

10 FACTIBILIDAD FINANCIERA

Del capítulo anterior se obtiene que existen dos posibilidades de instalar un panel electroluminiscente en Chile. La primera opción es importar el panel desde el extranjero, y la segunda, es fabricar el panel en las dependencias del país.

En este capítulo se evaluarán ambas opciones financieramente, detallando los costos que conlleva la ejecución de cada alternativa. Para finalmente, decidir cuál de las dos es más rentable para la instalación de los paneles en Chile.

Para ambas opciones se evaluará la confección y la compra de un panel uniforme, es decir, con tamaños, colores y características similares.

El estudio finaliza con un análisis de sensibilidad, tanto unidimensional como multidimensional, donde se sensibilizan variables que poseen un efecto en el costo total de cada opción.

10.1 IMPORTAR EL PANEL

La primera alternativa corresponde a importar el panel electroluminiscente desde el extranjero, de esta forma se adquiere el panel ya terminado desde una empresa extranjera. Con esta elección, no es necesaria la compra de maquinarias ni materiales para confeccionar el panel.

Por lo cual, en los siguientes puntos se determinará qué tipo de panel se va a importar, así como también, la empresa en donde se comprará. Junto a esto, se detallarán los costos asociados a la compra del panel y traslado a Chile; para finalmente, calcular los costos de impuestos y aduana correspondientes, para ingresar el producto importado al país.

10.1.1 PANEL ELECTROLUMINISCENTE IMPORTADO

El panel electroluminiscente que se pretende importar es uniforme en toda su expansión. No posee ningún tipo de diseño ni animación, de esta forma es comparable con el panel a elaborar en Chile. El panel es de tamaño A1, en donde sus dimensiones totales son de 624 x 871 mm el límite del panel es de 608 x 855 [mm] y el área de iluminación de 584 x 831 [mm]. Para ver una imagen del panel con sus dimensiones, ver Anexo 1.

La empresa donde fue cotizado el panel es la compañía "Cochief Industrial Co. Ltd." ubicada en Taipéi, Taiwán. Corresponde a una sociedad que lleva 20 años en el mercado de la electroluminiscencia, siendo establecida en febrero del año 1998.

Posee como producto principal paneles y lámparas electroluminiscentes; además, cuentan con productos como películas de guía de luz, interruptores flexibles de sensor táctil y luces LED. Cuenta con las aprobaciones de seguridad y calidad, RoHS [3] e ISO 9001:2008.-

El proveedor entrega información técnica sobre sus productos, la cual se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6 *Datos técnicos de un panel electroluminiscente*

ITEM	Naranjo	Azul Verde	Verde	Azul	Rosado blanco	Unidades
Brillo	27	80	90	40	70	cd/m^2
Cromaticidad	0.535	0.176	0.182	0.160	0.330	x
	0.455	0.410	0.475	0.220	0.350	y
Densidad	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	mA/cm^2
Consumo de energía	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	mW/cm

[3] Restriction of Hazardous Substances, se refiere a la directiva 2002/95/CE de restricción de ciertas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos, adoptada en febrero del 2003 por la Unión Europea.

La información entregada por la figura corresponde a valores de brillo, cromaticidad, consumo eléctrico, entre otros. Estos datos se encuentran en unidades por centímetros cuadrados, por lo que para obtener los valores del panel cotizado, es necesario obtener la superficie cuadrada del panel.

Este resultado se obtiene multiplicando ambos lados del panel, es decir, si las medidas son 60,8 cm por 85,5 cm, el área del panel es de 5.184 cm^2. Con este valor, se obtienen los valores que se muestran en la Tabla 7, correspondientes al panel de color blanco rosa cotizado.

Tabla 7 Datos técnicos del panel

Área del panel	**5.184 cm^2** **0,51984 m^2**	
Característica	**Valor unitario**	**Valor final**
Brillo	70 cd/m^2	37 cd
Densidad	0.10 mA/cm^2	520 mA
Consumo eléctrico	10 mW/cm^2	52 W
Tiempo medio de luminancia	3.000 h	3.000 h

10.1.2 COSTO DEL PANEL

Para obtener el precio del panel electroluminiscente fue necesario realizar contacto con la empresa para solicitar una cotización. Se realiza una cotización por la cantidad mínima de compra, que corresponde a 10 unidades de paneles electroluminiscentes de tamaño A1, de color claro y uniformes, sin diseño ni animación.

Al momento de comprar un panel electroluminiscente, se debe realizar la compra del inversor de corriente necesario para su conexión a la red eléctrica. Por lo que, la cotización se efectúa por 10 unidades de paneles y 10 unidades de inversores de corriente. En la Tabla 8, se observa el precio unitario en dólares americanos para el panel electroluminiscente de tamaño A1 y para el inversor de corriente, con sus correspondientes especificaciones técnicas.

Tabla 8 *Costos de un panel electroluminiscente*

Ítem	Detalle	Precio Unitario [US $]
1	Panel Electroluminiscente Tamaño A1, color rosa	240
2	Inversor de Corriente Entrada AC85-245V / Salida 80 ~ 150V / Frecuencia 700~1100 Hz	125
TOTAL		**365**

Con esto, el costo total de adquirir un panel electroluminiscente junto con el inversor de corriente correspondiente es de US $ 365. El precio para las 10 unidades, que son el pedido mínimo, asciende a US $ 3.650.- Este precio corresponde al valor FOB.

FOB es una abreviatura que corresponde a “Free on board” y pertenece a la lista de términos internacionales de comercio “Incoterms”. Según el Servicio Nacional de Aduanas, es una cláusula de compraventa; que implica que el vendedor solo debe cumplir con la obligación de entregar la mercancía en el medio de transporte designado por el comprador (Aduanas, 2007). En otras palabras, el vendedor tiene la obligación de asumir

los gastos y costos de movilización de la mercancía hasta el puerto de origen o más cercano al vendedor. De manera que, una vez llegado el producto al medio de transporte, el comprador asumirá toda la responsabilidad del producto.

La oferta de la cotización dura 30 días desde la confirmación final. Si se desea ver la cotización original, revisar el Anexo 2.

10.1.3 TRASLADO

Como se explicó anteriormente, el precio del panel es el valor FOB, por ende, el traslado del producto no se encuentra contabilizado en el precio a pagar. Por lo mismo, se debe contratar y pagar el traslado del producto desde el país del vendedor, hasta el país de destino, Chile.

Esta misma empresa se encarga de realizar la conexión con la compañía logística FedEx para el traslado de la mercancía, para lo cual nos indica que una carga de 10 paneles electroluminiscentes de tamaño A1, más 10 unidades de inversores de corriente, equivalen a 20 kg. Por lo tanto, el costo del envío del paquete de 20 kg desde Taipéi (Taiwán), hasta Santiago de Chile, tiene un precio de USD $ 430.

En adición a esto, se requiere contratar un seguro para el paquete que se trasladará, de tal forma que, si el producto no llegará a su destino, la compañía de traslado deberá reembolsar el monto asegurado. El valor de este seguro corresponde a US $ 100, el cual se entrega a la compañía FedEx.

10.1.4 PROCESO DE ADUANA

Posterior al traslado, el producto debe llegar al país de destino: Chile. Al momento de llegar, se ingresará a la Aduana de Chile, en donde comenzará el proceso de aduana de

la mercancía que se importó. Para lo cual, será necesario pagar ciertos derechos de aduana e impuestos para ser liberado en el país.

Según la Aduana, dependiendo del valor de la mercancía el proceso de importación tiene dos sistemas:

- Si el valor de la mercancía no supera los US$ 500 valor FOB: el trámite lo puede hacer personalmente el importador ante la aduana respectiva.
- Si el valor de la mercancía supera los US$ 500 valor FOB: el importador debe contratar un agente de aduanas.

Debido a que el producto a importar posee un valor FOB de US $ 3.650, será necesario contratar a un agente de aduanas, por lo que será necesario entregar una serie de documentos a éste, para que se encargue del proceso. Los honorarios de un agente de aduanas son aproximadamente US $ 250.- Se considera este monto, ya que un agente de aduanas posee un honorario mínimo de US $ 100, pero además ellos deben incurrir en gastos de despacho y almacenaje, junto a otros gastos implicados; los cuales poseen el nombre de provisión de fondos. Para lo cual se destinarán US $ 150.-

10.1.4.1 IMPUESTOS

Según el Servicio Nacional de Aduanas, la importación de mercancías a Chile está afecto al pago de los siguientes impuestos:

A. **Derecho Ad Valorem:** Correspondiente al 6% sobre el valor CIF.
B. **19% de IVA**, calculado sobre el valor CIF más el monto de los derechos de aduana.

Debido a que ambos valores se calculan en base al valor CIF del producto, que corresponde al valor del costo, seguro y flete del producto, se deberá calcular el valor CIF. Se conoce el costo del producto, del flete y también del seguro. Sin embargo, la aduana muchas veces desconoce el seguro que se contrata en la compañía FedEx, por lo que es necesario costear un seguro estadístico que maneja la aduana. Este seguro corresponde al 2% del valor FOB. El cual equivale a US $ 73.- Con estas cifras, el valor CIF se obtiene en la Tabla 9.

Tabla 9 *Cálculo de valor CIF*

ITEM	Valor [US $]		
Costo	3.650	**CIF**	**US $ 4.253**
Seguro	100		
Seguro Estadístico	73		
Flete	430		

Con este valor CIF calculado, es posible obtener los impuestos a pagar:

Tabla 10 *Impuestos*

ITEM	Valor base [US $]	Porcentaje	Impuesto a pagar [US $]
Ad Valorem	4.253	6%	255
IVA	4.508	19%	856
TOTAL		**US $ 1.111**	

De la Tabla 10 se obtiene la cifra a pagar de cada impuesto, en primer lugar se encuentra el Ad Valorem correspondiente a un monto de US $ 255, y por otro lado, el IVA que se calcula del valor base CIF + Ad Valorem, lo que corresponde a US $ 856. Ambos impuestos equivalen a un valor de US $ 1.111, el cual se debe costear para que la mercancía pueda ingresar al país libremente.

10.1.5 BODEGA

Debido a que será necesario un lugar donde guardar los productos que se importen, se considerará como costo adicional arrendar una bodega. En esta bodega se almacenarán los paneles electroluminiscentes que se compren en el extranjero.

Se utilizará el mismo lugar que fue cotizado para ser el taller para fabricar los paneles (visto en el punto Tamaño y localización de planta), ya que al ser un lugar con una superficie de 100 m^2, es suficiente para almacenar los paneles electroluminiscentes.

Esta bodega posee un valor de arriendo mensual de UF 18, correspondiente a CLP 482.864.- Suponiendo un cambio de $ 650 a dólares americanos, este valor corresponde a US $ 743.-

Como supuesto, se considerará arrendar la bodega durante un mes para términos de simplicidad en costos.

10.1.6 COSTO TOTAL

Posterior al cálculo de todos los costos asociados a la importación de un panel electroluminiscente, se elabora una tabla que resumirá todos los costos involucrados, para así obtener un valor final para esta propuesta.

Tabla 11 *Costo total de importar el panel*

Costo	Valor [US $]
Panel EL	3.650
Flete	430
Seguro	100
Agente de Aduana	250
Seguro Estadístico	73
Impuestos	1.111
Bodega	743
TOTAL	**6.357**

El valor obtenido en la Tabla 11 corresponde a importar 10 paneles electroluminiscentes desde un país extranjero a Chile. El valor de US $ 6.357 incluye todos los costos asociados que conllevan la compra, el traslado y el ingreso del producto a la aduana chilena; como también el costo de almacenaje de los paneles.

10.2 FABRICAR EL PANEL ELECTROLUMINISCENTE

La segunda opción es fabricar el panel en las dependencias del país, para lo cual será necesario invertir en maquinarias esenciales para lograr la confección de este. Por otro lado, se necesitarán ciertos materiales e insumos que se deberán comprar cada vez que se quiera construir un panel.

Por esto, se presenta una estructura de costos con el fin de clasificarlos según la naturaleza de uso que posee cada uno de estos. Los costos se clasifican en las siguientes categorías:

- **Inversión Inicial**

  Esta categoría se refiere a todos los equipos y materiales que se deben financiar en un comienzo, y no es necesario comprarlos o renovarlos cada vez que se desee construir un panel electroluminiscente. Siendo renovados solamente cuando presente fallas o no pueda funcionar.

- **Costos de Operación**

  Estos representan el costo asociado a las operaciones que se realizan cada vez que se fabrica un panel electroluminiscente, como los insumos que se utilizan, papeles, cables eléctricos, luz eléctrica y otros.

En la primera alternativa se evaluó la opción de importar 10 paneles electroluminiscentes de tamaño A1, debido a que la empresa no permite la compra de menos unidades. De manera que la comparación sea uniforme y se obtengan valores comparables, se decide estudiar en esta sección la posibilidad de fabricar 10 paneles.

10.2.1 INVERSIÓN INICIAL

La inversión inicial de fabricar paneles considera, como se nombró anteriormente, el financiamiento de maquinarias. Debido a que, en el capítulo anterior, se realiza la selección de maquinarias, en este apartado se expondrán solo los precios de las estas.

En la Tabla 12 se muestra un resumen de las maquinarias con sus respectivos precios.

Tabla 12 *Precios de máquinas*

Máquinas	Precio [US $]
Máquina de Serigrafía	1.435
Horno Eléctrico	1.200
Plotter	315
TOTAL	2.950

El costo asociado a la compra de estos equipos solo se realiza en un principio, ya que, para las posteriores fabricaciones de paneles electroluminiscentes, nuevamente se utilizarán estas máquinas, siempre y cuando se encuentren en óptimas condiciones para su operación.

10.2.2 COSTOS DE INSUMOS

En los costos de operación se consideran los costos de insumos y materiales que se utilizan cada vez que se fabrica un panel, siendo estos, costos que se deben incurrir periódicamente.

En los siguientes puntos se detalla cada material que se considera necesario para la elaboración del panel, junto a su correspondiente costo monetario.

10.2.2.1 TINTAS ELECTROLUMINISCENTES

El panel electroluminiscente posee distintas capas, las cuales en conjunto producen luz mediante el efecto de la electroluminiscencia. Para que esto suceda cada capa debe tener adherida una tinta electroluminiscente. Se utilizan tres tipos de tintas: de plata, de fosforo y dieléctrica.

Estas tintas se encuentran en el mercado con diferentes colores, por lo que dependiendo del color que se requiera, se deberán comprar las tres tintas del mismo color.

Además, se utiliza una cuarta tinta, que protege al panel contra los rayos UV, otorga resistencia a la humedad y protección adicional para los posibles daños producidos por el ambiente.

Las tintas vienen en formato de 1 kilogramo, el cual tiene un costo de US $ 20. Estas no se encuentran a la venta en Chile, por lo que es necesario realizar la compra de las tintas en el extranjero. Sin embargo, en la empresa que se cotiza la compra de las tintas electroluminiscentes, el costo de envío del producto es gratis.

Se considerará el supuesto de que en cada panel electroluminiscente se ocuparán 250 g de tinta para la fabricación de éste. Debido a que las tintas vienen en formato de 1 kg, si se desea fabricar 10 unidades de paneles, será necesario comprar 3 unidades de cada tinta.

10.2.2.2 SUSTRATO RECUBIERTO DE ITO

El sustrato que se cotiza es de plástico, ya que es más conveniente que uno de vidrio, y otorga mayor resistencia a grandes golpes o quebraduras. El precio del sustrato de plástico es de US $ 32. Se ocupa un sustrato por cada panel que se requiera.

10.2.2.3 PLANTILLA O ESTÉNCIL

Este material es fácil de conseguir en cualquier librería o lugar donde se vendan materiales de artes, el que se cotiza es un paquete de 10 unidades de esténcil de tamaño A4. Este paquete tiene un precio de US $ 4.

En la fabricación de cada panel se utilizan cuatro unidades de esténcil de tamaño A4, ya que el tamaño del panel EL es A1. Por lo que, para confeccionar las diez unidades de paneles electroluminiscente, será necesario comprar cuatro paquetes de esténcil.

10.2.2.4 INVERSOR DE CORRIENTE

Se utiliza un inversor de corriente por panel electroluminiscente, el producto cotizado es un inversor de corriente regulable entre 12 V y 220 V de 1000 W, el cual tiene un precio de US $ 40.- Se utiliza un inversor por cada panel.

10.2.2.5 MATERIALES ELÉCTRICOS.

El panel utiliza corriente para su funcionamiento y, como se mencionó anteriormente, se conecta a un inversor de corriente para que este regule el voltaje y frecuencia. Siendo necesario instalar los terminales del inversor al panel. Para lograr esto, se utilizan una serie de herramientas, cables y cintas eléctricas que sirven para las instalaciones eléctricas.

Debido a que son objetos pequeños, se considerará un monto de US $ 20 que se destinará a estos materiales y al consumo eléctrico que se produzca en el uso de las máquinas.

10.2.2.6 COSTO TOTAL

A modo de resumen, en la Tabla 13 se muestran los costos para cada insumo descrito anteriormente. Se destaca que más de un insumo, puede ser utilizado para el próximo panel que se desee construir.

Tabla 13 *Costos de insumos*

Material	Costo unitario [US $]	Unidad	Total [US $]
Tintas electroluminiscentes	20	12	240
Sustrato de vidrio	32	10	320
Stencil	4	4	16
Inversor Eléctrico	40	10	400
Otros – Materiales Eléctricos	20	10	200
TOTAL			1.176

Se requieren 12 unidades de tintas electroluminiscentes ya que como se explicó anteriormente, en la confección de un panel se utilizan 4 tintas diferentes (de plata, fósforo, dieléctrica y de protección). Debido a que cada tinta viene en un formato de 1 kg, se asume que en la confección de 10 paneles se ocuparan 3 kg de cada tinta; por lo cual, en total se requerirá comprar 12 unidades de tintas.

Por otro lado, en el caso de los esténciles, son necesarios 4 paquetes, ya que cada paquete contiene 10 unidades de esténcil de tamaño A4. Debido a que el panel electroluminiscente a fabricar es de tamaño A1, se utilizan en cada panel 4 unidades de esténcil.

Los otros materiales son necesarios en cada unidad de panel electroluminiscente. Por lo tanto, el costo total de materiales corresponde a US $ 1.176. Este precio incluye todos los materiales necesarios para la fabricación de 10 paneles electroluminiscentes.

10.2.3 MANO DE OBRA

Para confeccionar los paneles electroluminiscentes será necesario una persona, que opere las máquinas y realice el proceso físico descrito en la sección Descripción de proceso físico y unidad productiva. Por lo tanto, será necesario un operador de maquinarias, cuyo trabajo será manipular las maquinarias descritas y fabricar los paneles electroluminiscentes.

Mediante la página de Tu Salario que forma parte de la fundación Wage Indicator[4], se obtiene el valor del sueldo promedio de un operador de equipos de instalación o afines. Obteniendo que el sueldo promedio corresponde a CLP 490.187.-

Debido a que la fabricación de paneles no demanda una gran cantidad de tiempo, el cálculo para obtener el costo de la mano de obra se efectúo de la siguiente manera:

1. **Se obtiene la cantidad de horas necesarias para fabricar un panel:** Para construir un panel se calcula que son necesarias 5 horas aproximadamente, de manera de obtener el diseño del panel, imprimir las capas y dejarlas secar. Para luego, realizar la conexión al inversor de corriente y obtener un acabado final del panel. Si se desea fabricar 10 paneles, el tiempo total requerido para esta acción es de 50 horas.

   Se calcula el valor de la hora hombre de un operario de maquinarias: La hora hombre se obtiene dividiendo el sueldo total por la cantidad de horas en un mes. Si se consideran 20 días hábiles en un mes, donde el horario laboral es de 8 h en el día, la cantidad de horas de un mes corresponden a 160 horas.

[4] Fundación de nivel internacional que contribuye a la transparencia del mercado de trabajo, por medio de la proporción de información laboral, salarial y orientación profesional. Página web: https://tusalario.org/chile/salario/Comparatusalario#/

2. De esta forma, **el valor de la hora hombre** es de $3.063 pesos chilenos.

3. **Para obtener el costo total de la mano de obra:** se multiplica el valor de la hora hombre por la cantidad de horas que se requieren para fabricar los 10 paneles electroluminiscentes. Lo que corresponde a 153.150 pesos chilenos.

Utilizando un cambio de 650 a dólares americanos, el costo de mano de hombre es de US $ 235.-

10.2.4 LUGAR DE FABRICACIÓN

En el punto Tamaño y localización de planta se explica que será necesario un lugar físico para la fabricación de los paneles electroluminiscentes, en donde se instalarán las maquinarias y se guardarán los insumos necesarios. El valor de este local fue calculado en el apartado Bodega de la opción anterior, el cual corresponde a US $ 743.-

Como supuesto, se considerará arrendar la bodega durante un mes para términos de simplicidad en costos.

10.2.5 COSTO FINAL

Con el objetivo de obtener un valor final que refleje el costo de fabricar el panel en Chile, es que se sumarán todos los costos asociados a esta opción.

Tabla 14 *Costo final de opción fabricar panel en Chile*

ITEM	COSTOS [US $]
Maquinarias	2.950
Insumos	1.176
Mano de Obra	235
Taller	743
TOTAL	5.104

Finalmente, según la Tabla 14 el costo de fabricar 10 paneles electroluminiscentes asciende a US $ 5.104 Esto incluye la inversión inicial que se debe efectuar, junto a los materiales que se utilizan en la fabricación de cada panel.

10.3 OPCIÓN MÁS RENTABLE

Cada alternativa presentada fue descrita con sus correspondientes costos y requerimientos, obteniendo en cada una de ellas el monto final que se requiere para fabricar o importar, según sea el caso, diez paneles electroluminiscentes para ser utilizados en el país.

Posterior a esto, con el valor de cada alternativa se procede a comparar las, de manera de obtener la opción más rentable. Para importar diez paneles electroluminiscentes desde Taiwán hasta Chile se necesitan US $ 6.357.- Por otro lado, para fabricar diez paneles en Chile, comprando las maquinarias y los materiales necesarios para esto, se requiere un monto de US $ 5.104.-

Con esta información es posible determinar que la opción más conveniente para instalar paneles electroluminiscentes en Chile es fabricar los paneles en las dependencias del país. Es mucho más rentable comprar las maquinarias, junto a los insumos necesarios para confeccionar los paneles, que importarlos desde el extranjero. Con esta opción, existe un ahorro monetario de US $ 1.253.-

Se destaca que no se realiza la construcción de un flujo de caja, como tampoco la obtención de indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN) o la Tasa Interna de Retorno (TIR). Debido a que los ingresos que se pudiesen obtener en la venta de paneles electroluminiscentes serian exactamente iguales para ambas opciones; ya que independiente de la forma de donde se obtenga el panel, el precio del producto no cambia.

La única diferencia que existiría seria en las utilidades obtenidas, ya que serían mayores para una opción en particular. De esta forma, serviría solamente para corroborar el mismo resultado que se obtuvo anteriormente, que la mejor opción para comercializar los paneles corresponde a la fabricación local de ellos.

Por este motivo, se prefiere optar por comparar los costos totales que conlleva cada opción para obtener la alternativa más rentable para la obtención de paneles electroluminiscentes.

10.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad se fundamenta en la creación de escenarios diferentes al escenario original construido durante la evaluación del proyecto. Cuando se traza el escenario inicial se hace definiendo parámetros veraces y lo más validos posibles, para conformar la estructura sobre la que se monta el proyecto.

Para la construcción de otros escenarios, es necesario modificar los valores de algunos de los parámetros para crear nuevas estructuras que permitan detectar el nivel de riesgo por medio de la observación de la respuesta de algunas variables dependientes a dicho cambio.

El análisis de sensibilidad permite medir cuan sensible es la evaluación a variaciones de uno o más parámetros de interés. Este método es utilizado para medir la sensibilidad, principalmente, del valor actual neto, tasa de interna de retorno y utilidad, sin embargo, aunque este análisis es generalmente de carácter económico, la sensibilización puede aplicarse al análisis de cualquier variable del proyecto.

Por lo que, en este caso en particular, se evaluará la sensibilización de distintos parámetros para ver el efecto de las variaciones en el costo total de cada opción que se presenta en el estudio. Se realizan dos análisis de sensibilización, unidimensional y multidimensional.

10.4.1 MODELO UNIDIMENSIONAL DE SENSIBILIZACIÓN

Este modelo determina hasta donde puede modificarse el valor de una variable para que el proyecto siga siendo rentable. De esta forma, intenta preguntarse hasta donde puede modificarse la variable a analizar, para que se vuelva a dudar sobre que opción es mejor.

Se realiza un análisis unidimensional para cada alternativa presentada para la obtención de paneles electroluminiscentes, donde se eligen variables que representan las más significativas en cada opción. Se decide realizar la distinción entre las opciones ya que, en cada alternativa, se estudia la variación de los precios hasta que lleguen a igualar el costo total de la opción contraria, de manera de saber hasta qué punto sigue siendo conveniente fabricar localmente los paneles, o importarlos.

10.4.1.1 OPCIÓN DE IMPORTAR PANELES

En este caso se considera como variables significativas: el precio del panel, el precio del inversor y la bodega; ya que estas tres partidas representan las cantidades que más influyen en el costo total de la opción. La compra de los paneles electroluminiscentes representa el 38% del costo total, el 20% es debido a la compra de los inversores de corrientes, y el 12% la bodega que se arrendará.

Otra partida que posee una gran influencia en el monto total son los impuestos, sin embargo, se decide no considerarlas para realizar el estudio, ya que son variables dependientes de los precios. Por lo que al variar el precio del panel y del inversor de corriente, los impuestos se verán modificados. Además, es muy difícil que los porcentajes de los impuestos varíen, ya que son cantidades establecidas por políticas económicas gubernamentales.

En base a esto, las tres variables escogidas son variadas desde una disminución del 20%, hasta el aumento del 20% del precio original.

- ***Paneles Electroluminiscentes***

En la Tabla 15 se muestra la variación del precio del panel electroluminiscente, junto la modificación del costo total de la opción de importar los paneles.

Tabla 15 *Variación de precios de panel electroluminiscente*

Variación	**-20%**	**-10%**	**0%**	**10%**	**20%**
Precio Panel	192	216	**240**	264	288
Costo Total	5740	6049	**6358**	6667	6975

En base a los resultados de la Tabla 15, el costo total obtenido en cada variación sigue siendo mayor que la opción de fabricar paneles localmente. Se recuerda que la opción de fabricar los paneles conlleva un gasto de 5 M USD aproximadamente, y ninguna de las variaciones obtenidas está por debajo de este valor.

Por lo cual, se realiza un análisis sobre qué valor debe tener el precio del panel electroluminiscente para que ambas opciones igualen sus precios y se comience a dudar sobre que alternativa es más conveniente. Utilizando la herramienta de "Buscar Objetivo" en el programa Microsoft Excel, se tiene que el panel electroluminiscente debe poseer un precio de venta de $ 142 USD, como mínimo, para que ambas opciones sean iguales monetariamente. Es decir, disminuir en un 40% para que se consiga un monto final de 5 M USD.

- ***Inversor de corriente***

En la Tabla 16 se observa las variaciones del precio del inversor de corriente, que es necesario utilizar para el funcionamiento del panel electroluminiscente.

Tabla 16 *Variación de precios de inversor de corriente*

Variación	**-20%**	**-10%**	**0%**	**10%**	**20%**
Precio Inversor	100	113	**125**	138	150
Costo Total	6036	6197	**6358**	6519	6679

De igual forma que en el punto anterior, las variaciones del precio del inversor no conllevan a una disminución significativa del costo total de la opción de importar los paneles. Ya que ningún escenario es inferior a 5 M USD, que es la alternativa de fabricar los paneles localmente.

En base a esto, se realiza el análisis sobre qué valor debe poseer el precio de venta del inversor de corriente para que ambas opciones presentadas se igualen, de lo que se obtiene que con un valor de $ 27 USD cada inversor de corriente; los costos de ambas opciones serian exactamente iguales. En otras palabras, el precio debe disminuir en un 80% aproximadamente, para que se consiga un monto final de 5 M USD.

- ***Bodega***

Se elige la bodega ya que es la partida que más representa gastos, luego del panel electroluminiscente y el inversor de corriente. En la Tabla 17, se muestra su variación según los porcentajes elegidos.

Tabla 17 *Variación de precios de bodega*

Variación	**-20%**	**-10%**	**0%**	**10%**	**20%**
Precio Bodega	594	669	**125**	817	892
Costo Total	6209	6283	**6358**	6432	6506

Aun variando la bodega, no se obtiene una disminución en el costo total para igualar el costo de 5 M USD de la opción. Al realizar la búsqueda del precio que debiese tener el arriendo de la bodega para que ambas alternativas representen el mismo costo monetario, se obtiene que, aunque la bodega no represente un costo, la opción de fabricar los paneles sigue siendo más conveniente.

Por lo que se concluye que, a pesar de variar los precios de productos y arriendo de bodega, la opción más conveniente sigue siendo la fabricación local del panel electroluminiscente.

10.4.1.2 OPCIÓN DE FABRICAR PANELES

En este caso se toma como variable a sensibilizar, el precio total de las maquinarias, el precio total de los insumos y la bodega. Se eligen estos parámetros, ya que las maquinarias representan un 58% del costo total, y los insumos un 23% del monto final. La bodega, por otro lado, se considera la tercera partida más costosa en esta opción ya que representa el 15% del total. Además, como se considera una variable a sensibilizar en la opción anterior, se considera adecuado realizar su correspondiente análisis para conocer el efecto que posee en el monto final.

Las maquinarias que se necesitan para la fabricación son tres, sin embargo, se decide que es más conveniente para efectos prácticos del análisis, unificar el precio de estas y considerar solo el ítem de “maquinarias” para la sensibilización. Se realiza el mismo ejercicio para los insumos, de manera de que representen una partida con un mayor efecto en el costo total, se decide unificar el precio de todas y trabajar solamente con el ítem de “insumos”.

- ***Maquinaria***

La variable se hace variar desde una disminución de un 20% hasta un aumento del 20%, de lo que se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18 *Variación de precios de máquinas*

Variación	**-20%**	**-10%**	**0%**	**10%**	**20%**
Precio Máquinas	2360	2655	**2950**	3245	3540
Costo Total	4514	4809	**5102**	5399	5694

De los resultados que se desprenden la Tabla 18, se puede observar que los costos totales no superan los 6 M USD, por lo que, aunque este parámetro varíe, sigue siendo conveniente fabricar localmente los paneles. Ya que para que ambas opciones posean un costo igualitario, el precio de las maquinarias debe aumentar hasta $ 4 M USD, es decir, aumentar en un 42% para que se comience a dudar sobre que alternativa es más rentable.

- ***Insumos***

En cuanto a los insumos, se toma la misma variación que los otros parámetros. En la Tabla 19 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 19 *Variación de precios de insumos*

Variación	**-20%**	**-10%**	**0%**	**10%**	**20%**
Precio Insumos	941	1058	**1176**	1294	1411
Costo Total	4869	4986	**5102**	5222	5339

Aunque los insumos presenten variaciones en el precio del 20% no se logra cambiar de decisión en cuanto a la obtención de paneles electroluminiscentes. Se recuerda que la alternativa de importar conlleva un costo de 6 M USD y ninguna de las variaciones obtenidas logra superar dicho costo. Para lograr que ambas opciones no presenten

diferencias en cuanto a sus montos totales, el precio de los insumos debe aumentar hasta $ 2 M USD. Es decir, los insumos deberían aumentar en un 107% su precio, para que los costos de las alternativas presentadas fueran equivalentes monetariamente.

- ***Bodega***

Con respecto al valor de la bodega, en la Tabla 20 se encuentran las variaciones realizadas junto al respectivo valor que se obtuvo para el costo total de la opción.

Tabla 20 *Variación precios de bodega 2*

Variación	**-20%**	**-10%**	**0%**	**10%**	**20%**
Precio Bodega	594	669	**743**	817	892
Costo Total	4955	5030	**5104**	5178	5253

Al igual que en los casos anteriores, las variaciones en el precio de la bodega no presentan una diferencia significativa en el monto del costo total de la alternativa de fabricar los paneles electroluminiscentes.

Por lo cual, a pesar de realizar las correspondientes variaciones en el precio de las maquinarias, insumos y la bodega; la opción de fabricar el panel sigue siendo la alternativa más conveniente, en temas de costos.

10.4.2 MODELO MULTIDIMENSIONAL DE SENSIBILIZACIÓN

El modelo multidimensional se proponen varios escenarios que consisten en modificar el valor de una variable o más variables, y se obtiene como resultado la rentabilidad del proyecto. Permite tener en cuenta el riesgo en análisis cuantitativos y tomas de decisiones.

Generalmente se eligen tres tipos de escenarios, el pesimista, más probable y optimista. En el escenario pesimista se modifican las variables a analizar en su situación negativa extrema, y en el optimista se modifican en su situación positiva extrema. En ambos casos se obtiene como resultado las consecuencias de estas modificaciones reflejados en los montos y/o indicadores financieros que se consideran decisorios al momento de evaluar un proyecto.

Para este caso se utilizará el *Modelo de Montecarlo,* que consiste en un método de ensayos probabilísticos que simula diferentes situaciones inciertas donde solamente hay que ingresar modelos probabilísticos de las variables inciertas y relevantes del proyecto. Para realizar este análisis se utiliza el Software *Crystal Ball.*

10.4.2.1 OPCIÓN IMPORTAR PANELES

De manera de que el análisis multidimensional tenga consistencia y coherencia con el unidimensional, es que se escogen las mismas variables sensibilizadas para realizar el modelo de Montecarlo. Sin embargo, la gran diferencia es que ahora las variables se sensibilizaran en conjunto.

En la Tabla 21 se muestra la distribución que se otorga a cada variable, junto a sus correspondientes parámetros.

Tabla 21 *Distribuciones de probabilidad para variables de la opción de importar*

Variable	Distribución de probabilidad	Valor optimista	Valor Posible	Valor Pesimista
Precio del panel	Triangular	200	240	260
Precio del inversor	Triangular	100	125	150
Planta o bodega	Normal	**Media**	**Varianza**	
		743	74	

Al realizar el análisis de sensibilidad se obtiene el gráfico que se muestra en Figura 9, en el cual se muestran 1000 iteraciones posibles, variando los parámetros escogidos. Estas iteraciones hacen variar el costo total en un rango de 5.700 - 6.900 USD.

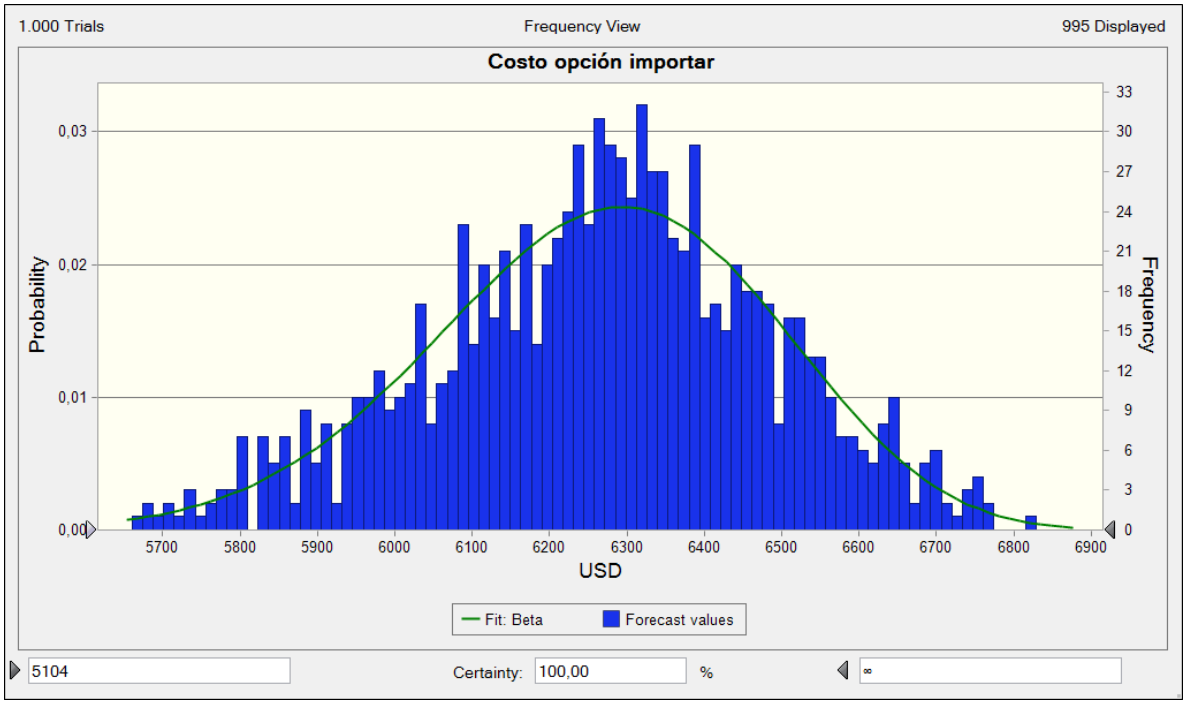


Figura 9 : Gráfico de frecuencia de costo opción de importar

Se observa que los valores de las distintas iteraciones construyen un gráfico que posee un comportamiento similar al de la distribución normal, con una media de 6.300 USD aproximadamente; lo que coincide con la situación inicial. Sin embargo, ninguna iteración logra disminuir los costos hasta igualar la opción de fabricar los paneles, que conlleva un costo de 5 M USD. Por lo que, aun con las variaciones de probabilidad, sigue siendo conveniente fabricar los paneles localmente.

Por otro lado, se obtiene un gráfico de barras de manera de visualizar la contribución a la variación obtenida. En donde se observa que gran parte de la variación es influenciada por el precio del panel electroluminiscentes, ya que posee un 55% de

contribución; el precio del inversor contribuye en un 34,8% y finalmente, la bodega en 10,1%. Estos valores se visualizan en la Figura 10.

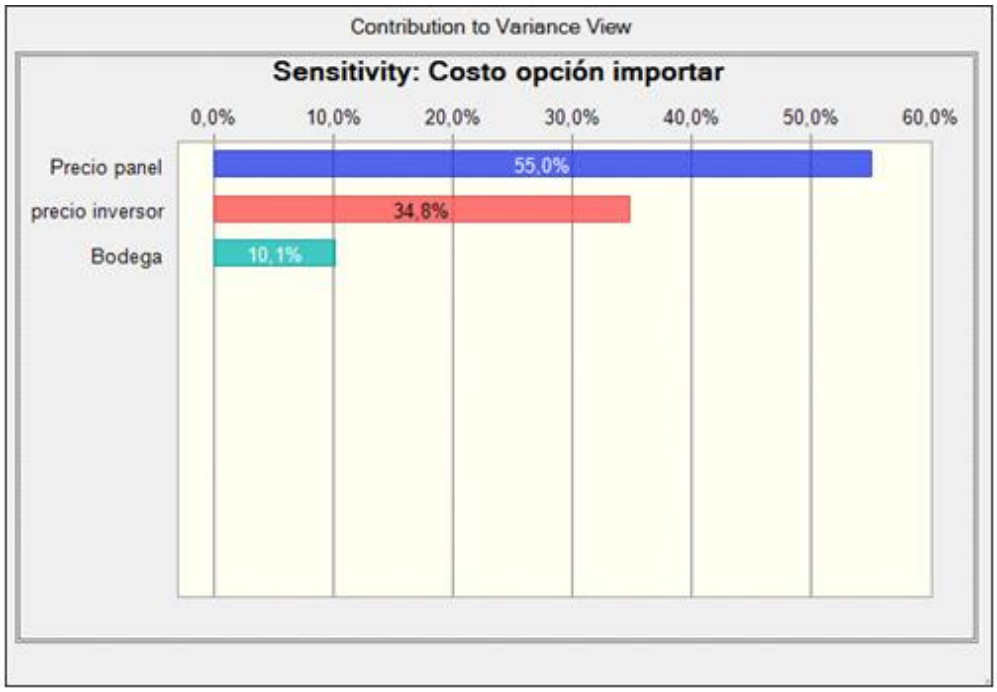


Figura 10: Contribución de variables a la variabilidad - opción importar

10.4.2.2 OPCIÓN FABRICAR PANELES

Para llevar a cabo la sensibilización se eligen como variables el precio de: las maquinarias, insumos y planta de trabajo, de tal forma de ser consistente con los análisis previos. En la Tabla 22 se muestra las distribuciones de probabilidades que fueron asignadas a cada variable, junto a sus correspondientes parámetros.

Tabla 22 *Distribuciones de probabilidad para variables de la opción de fabricar*

Variable	Distribución de probabilidad	Media	Varianza
Precio de máquinas	Normal	2950	290
Precio de insumos	Normal	1176	110
Planta o Bodega	Normal	743	74

En base a esto se realizan 1.000 iteraciones en el software, con distintos valores de las variables escogidas, según la distribución que poseen; con lo cual se obtiene el gráfico que se encuentra en la Figura 11.

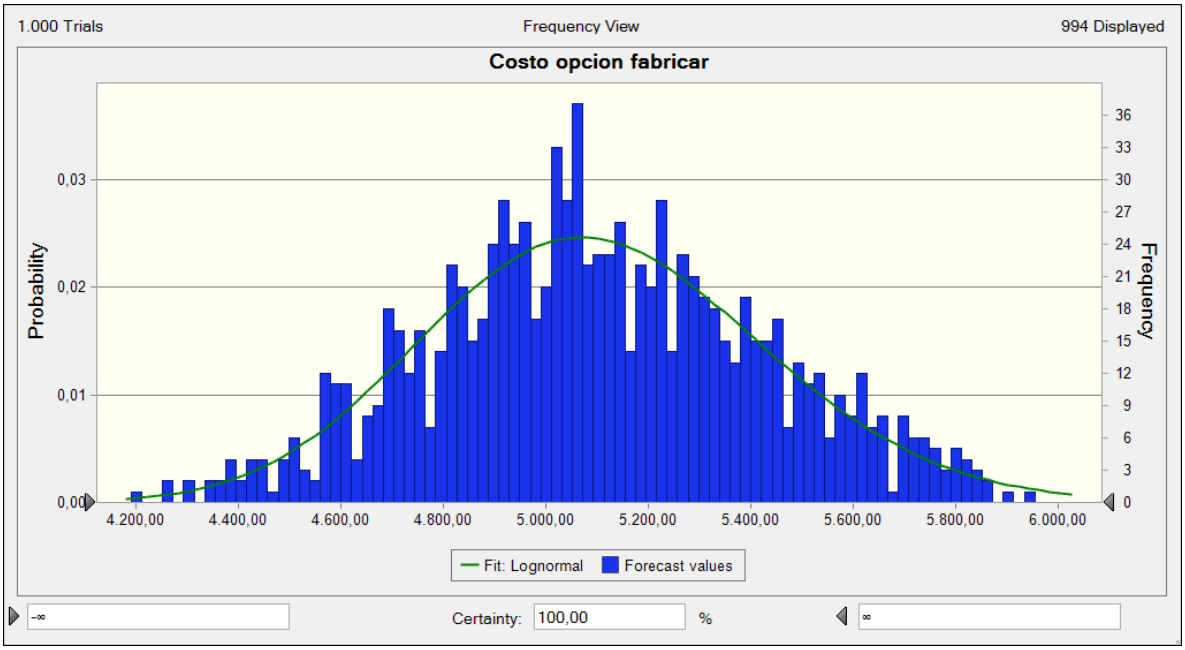


Figura 11: *Gráfico de frecuencia de costos de opción fabricar*

En el cual posee una distribución normal con media alrededor de 5.100 USD, que coincide con el costo total inicial que conlleva la fabricación local de los paneles electroluminiscentes. El rango en el cual se mueven los resultados es de 4.200 – 6.000 USD, en donde el valor máximo corresponde a 6 M USD aproximadamente. Sin embargo, este valor no es lo suficientemente superior a 6.358 USD que corresponde a la alternativa diferente de importar los paneles, por lo que sigue siendo conveniente fabricar los paneles localmente.

Por otro lado, con el objetivo de conocer que variable es la que posee un mayor efecto o contribución en la variación del monto total, se extrae un gráfico de sensibilidad del programa Crystal Ball. En el cual, es posible observar que el precio de las maquinarias contribuye en un 81,8% a la variabilidad del costo total, los insumos poseen un 12,2% de participación, y finalmente, la bodega un 6%. Estos datos se encuentran en la Figura 12.

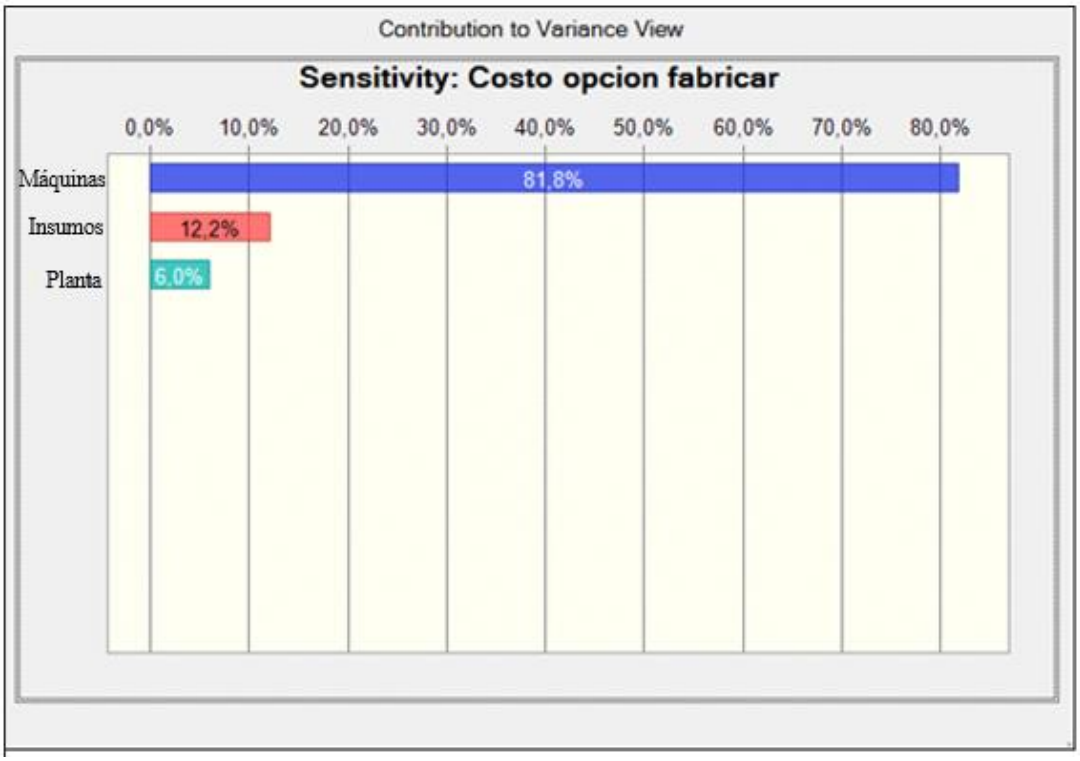


Figura 12: Contribución de variables a la variabilidad - opción fabricar

Después de realizar los distintos análisis, ya sean los unidimensional y multidimensional, se obtiene que en todos los escenarios posibles es más conveniente monetariamente fabricar localmente los paneles electroluminiscentes para la obtención de ellos. Ya que, si los precios de las distintas alternativas llegasen a variar en un 20% la decisión final no se vería afectada por la alza o disminución de precios.

11 FACTIBILIDAD AMBIENTAL

Para que la evaluación de proyectos contribuya de forma efectiva a la decisión de llevar a cabo el proyecto e invertir, debe ser considerada desde una perspectiva integrada y sustentable.

Por este motivo se realiza un estudio ambiental, de manera de predecir los impactos ambientales que pueden derivarse de la ejecución de un proyecto, permitiendo la toma de decisiones sobre la viabilidad ambiental del mismo.

11.1 ANÁLISIS PRELIMINAR

Una de las formas para llevar a cabo un estudio ambiental es el estudio de la huella de carbono, que como se nombró, representa la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera, derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios (Pandey et al., 2010), y es considerada una de las más importantes herramientas para cuantificar las emisiones de dichos gases.

Algunos de los gases de efecto invernadero son CO_2, CH4, N_2O, HFCs, PFCs y SF_6. Sin embargo, la mayoría de las mediciones que se realizan son en base a las concentraciones de CO_2 en la atmósfera. El aumento en las concentraciones de este gas en la atmósfera es causado por la actividad humana, siendo el principal factor responsable de la intensificación del efecto invernadero y el cambio climático que se presencia hoy en día.

Por lo mismo, los estudios actuales más allá de medir las emisiones de todos los gases que provocan el efecto invernadero, se centran en el gas más contaminante, el Dióxido de Carbono (CO_2).

Para calcular las emisiones de contaminantes atmosféricos se puede utilizar el **factor de emisión** que, según la Agencia de Eficiencia Energética, representan una herramienta que permite conocer las toneladas de CO2 equivalentes (tCO2e), que se emiten a la atmosfera con el uso de diversos tipos de energías. Se expresan en gramos o kilogramos de contaminante (CO2, SO2, NOx, partículas, etc) emitidos a la atmósfera por kWh eléctrico consumido, o por GJ de energía producida o por kg de combustible consumido.

Los valores referidos a energía producida o combustible consumido se calculan experimentalmente y son valores estándar para los combustibles habituales (gasoil, gasolina, GLP). Para otros combustibles no estándar como, por ejemplo, la biomasa, se deben consultar tablas publicadas por entidades u organizaciones especializadas.

Con el objetivo de conocer si el panel electroluminiscente en verdad es eficiente y menos contaminante que las luminarias convencionales, se realiza un estudio para verificar este supuesto. Para lo cual, se elabora una comparación de productos alternativos a nivel de emisiones, para obtener un resultado sobre que producto es menos contaminante.

En este caso, en particular, se realiza la comparación de un panel electroluminiscente frente a una luminaria LED, ya que es el producto que más se asemeja en cuanto a sus características. Además, es el producto más utilizado hoy en día en cuanto a luminarias de pancartas y/o vitrinas de publicidad.

11.2 LUMINARIA LED

La tecnología de iluminación LED (Lighting Emitting Diode) es un diodo emisor de luz de estado sólido, el cual trata de un dispositivo semiconductor que emite luz con una

longitud de onda monocromática específica muy bien definida, funciona cuando una corriente eléctrica pasa entre sus dos extremos (Gago, Calderón & Fraile, 2012).

En la actualidad podemos acondicionar e incorporar LED a un 90% de todos los dispositivos de iluminación actual, ya sea en iluminación para casas, oficinas, luces de tráfico, faros de automóvil, flash de teléfonos móviles, entre otros.

Gracias a su reducido tamaño, capacidad para generar luz y la variedad de colores que pueden generar los LED son cada vez más usados. Además, con respecto a la iluminación tradicional de las lámparas incandescentes o fluorescentes los LED tienen ventajas que los hacen muy interesantes como sustitutos de la iluminación en casa. Dentro de las ventajas de la iluminación LED, se encuentra:

1. **Mayor eficacia energética:** Los LED consumen entre el 80-90% menos de electricidad que la iluminación convencional.
2. **Mayor vida útil:** La vida media de una lámpara LED se sitúa en torno a las 45.000 horas frente a las 2.000 horas que una bombilla estándar ofrece. El dato salta a simple vista, con una lámpara LED tendríamos cinco años de luz continuada, considerando 24 horas al día y 7 días a la semana, en perfectas condiciones; frente a los 83 días de la bombilla estándar.
3. **Son más ecológicas:** Las bombillas normales contienen en su interior tungsteno y los tubos fluorescentes mercurio, productos tóxicos. Los LED son reciclables y cumplen con la normativa europea RoHS de sustancias contaminantes.
4. **No son una fuente de calor:** Al contrario de las bombillas tradicionales no desprenden calor, lo que evita el desperdicio de energía y permite su uso en lugares pequeños y delicados donde ese calor producido puede ser perjudicial.

5. **Bajo mantenimiento:** La larga vida de los productos LED evita tener que estar realizando un mantenimiento frecuente.

En base a la información expuesta anteriormente, se puede pensar que el LED es la mejor opción al momento de pensar en iluminación para interiores u otro tipo de casos. Sin embargo, es interesante comparar este producto con el panel electroluminiscente.

Sus ventajas son similares, ambos poseen eficacia energética, ya que son más ecológicos que las bombillas convencionales, mantienen una vida útil similar y no son fuentes de calor. De modo que, si se desea comparar energéticamente ambas opciones, se debe estudiar el tema de las emisiones de Dióxido de Carbono (CO2), gas que como se nombró anteriormente, contribuye al efecto invernadero.

11.3 Comparación entre LED y Panel Electroluminiscente

Debido a que se desea realizar una comparación de ambos productos a nivel de la cantidad de emisiones de Dióxido de Carbono, es necesario conocer los factores de emisión de cada uno de los productos que se compararán.

Los factores de emisión de estos productos son variables, ya que dependen del escenario en donde se ocupen, y otras características. Sin embargo, se sabe que el factor de emisión se expresa en kilogramos de contaminante por kWh eléctrico consumido, en otras palabras, el factor de emisión, como dice su nombre, es un factor que se multiplica por la cantidad de consumo eléctrico que ocupa el producto que se desea evaluar. Por lo que, se determina que la cantidad de energía consumida es proporcional a la cantidad de emisiones liberadas a la atmosfera. Siendo así, a mayor cantidad de energía consumida, mayor será la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero.

Siguiendo este supuesto, se opta por realizar la comparación entre la luminaria LED y el panel electroluminiscente, en cuanto al gasto energético que propone cada luminaria. La evaluación se realiza en distintos lugares y escenarios.

Para este caso en particular, se tomará como evaluación 3 tipos de escenarios que se consideran importantes al momento de elegir un tipo de iluminación. Estos escenarios son, el uso en iluminación convencional, el uso en automóviles y finalmente, el uso en la publicidad.

11.3.1 USO EN ILUMINACIÓN CONVENCIONAL

Como primer escenario, se evaluará el uso de un panel electroluminiscente y un panel LED en el uso doméstico, es decir, como iluminación convencional. El tipo de uso puede ser variado, ya sea como iluminación de fondo, iluminación de un área en particular, decoración y otros más. Como también, en distintos lugares, ya sea en una casa, en una oficina, en una sala de estar, etc. Sin embargo, para este caso en particular se tomará el caso de que se ocupará el panel para la iluminación en general.

11.3.1.1 PANEL LED

Se comienza con un panel LED, en donde el producto se muestra en la Figura 13 (imagen de referencia). En primer lugar, se ve el panel completo junto a sus artículos y en la otra imagen, se observa el panel LED en funcionamiento.

Figura 13: Panel LED

Este panel es vendido por la Empresa DEMASLED, compañía chilena ubicada en Santiago. Las características técnicas de este producto se encuentran en la Tabla 23.

Tabla 23 *Especificaciones técnicas de panel LED*

PANEL LED	
Potencia	18 W
Luminosidad	1.000 ~ 1.600 lm
Voltaje	AC 85 ~265 V
Frecuencia	50/60 Hz
Ángulo de haz	120°
Temperatura del color	6000 ~ 6500 K
Dimensiones	22.5 cm x 22.5 cm x 2 cm
Peso	504 g
Certificaciones	CE, RoHS

Es un panel ultradelgado, posee un diseño moderno y elegante. Con un ángulo de apertura de 150° y puede colocarse en distintos lugares, como en el techo o una pared.

Se recomienda para zonas amplias como oficinas, salas de conferencias, salas de estar y de espera, donde se requiere mucha luz con un consumo energético bajo.

11.3.1.2 PANEL ELECTROLUMINISCENTE

Para contrastar esta opción se tomará como referencia el panel que se considera en la factibilidad financiera, ya que posee características similares. Debido a que no coinciden con las mismas dimensiones, se utilizará la información que muestra la Tabla 6 que corresponde a los datos técnicos del panel electroluminiscente.

La ventaja de utilizar esta información es que el consumo energético se muestra en mW por centímetros cuadrados. Por lo que, conociendo el área del panel se puede obtener la cantidad de energía que consume. Como se desea contrastar la cantidad consumida con el panel LED, se tomarán las mismas medidas que posee este producto. Es decir, si el panel electroluminiscente midiera 22,5 cm por 22,5 cm; su área sería 506,25 cm^2.

Tabla 24 *Consumo eléctrico panel EL - opción 1*

Área de panel EL	506,25 cm^2	**TOTAL**	**5.062,5 mW**
Consumo eléctrico	10 mW/cm^2		**5,06 W**

Según la Tabla 24, el total de consumo eléctrico que tendría un panel electroluminiscente de dimensiones de 22,5 cm por 22,5 cm; sería de 5.062 mW, lo que corresponde a 5 W aproximadamente.

11.3.1.3 COMPARACIÓN ENTRE AMBAS TECNOLOGÍAS

De manera que ya se tiene la información de ambas opciones, y que los dos paneles evaluados poseen características similares. Se procede a contrastar los dos tipos de tecnologías de iluminación.

En una hora de funcionamiento, el panel LED consume 18 W, por otro lado, en la misma hora de trabajo el panel electroluminiscente consume aproximadamente 5 W de electricidad. En términos de porcentajes, el panel electroluminiscente consume un 28% de energía, de lo que consume la tecnología LED.

A modo de conclusión, es más conveniente el panel electroluminiscente. Bajo esta hipótesis, se estima que el panel electroluminiscente emite menos cantidad de emisiones que el panel LED.

11.3.2 USO EN AUTOMÓVIL

Una de las ventajas de la electroluminiscencia es el variado uso que posee, en el caso de los automóviles, es un gran atractivo al interior y exterior de un auto. Ya sea en tableros de instrumentos, marcos de puertas o diseño de interiores. Muchos fabricantes de automóviles utilizan la tecnología de la electroluminiscencia en sus modelos de vehículos de lujo, debido a su calidad robusta y confiable.

La luz suave que entrega el panel electroluminiscente es muy atractiva para la vista, y no deslumbra al conductor ni a los pasajeros, al tiempo que proporciona una apariencia única que solo este fenómeno posee.

Se puede utilizar para iluminar varios elementos al interior y exterior del vehículo, así como señal de transporte. Algunas aplicaciones son en el uso de luz de contraluz en las ruedas del automóvil, tableros electroluminiscentes, pedales iluminados, luces de advertencias, pegatinas, iluminación de alarmas, y en general, decoración de la iluminación del interior y exterior del automóvil.

A modo de ejemplo, se muestra en la Figura 14 pedales iluminados por la tecnología de la electroluminiscencia.

Figura 14: Pedales de alumbrado electroluminiscente

En la Figura 15, un tablero del auto con iluminación de fondo utilizando el fenómeno de la electroluminiscencia.

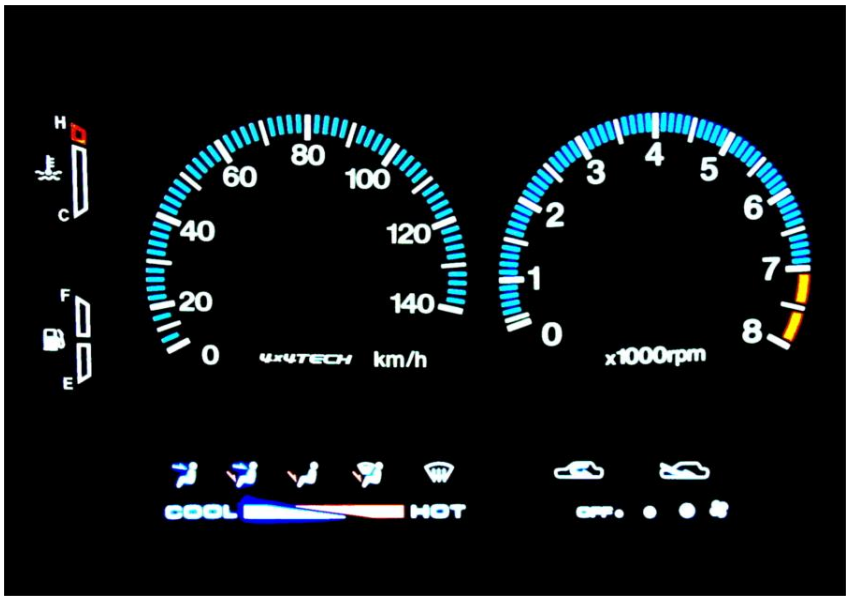


Figura 15: Tablero electroluminiscente

Por este motivo, es interesante evaluar qué es más conveniente en los casos de la iluminación interior de automóviles, si utilizar la tecnología LED o la electroluminiscencia.

En base a esto, se realiza una comparación entre ambas tecnologías utilizadas en la iluminación interior de un automóvil.

11.3.2.1 PANEL LED PARA AUTO

El panel LED escogido para esta situación es un panel SMD COB, que contiene 24 LED. Se trata de un panel LED que se utiliza para la iluminación interior de un automóvil, que ocupa la función de lámpara principal. Sus especificaciones técnicas se encuentran en la Tabla 25.

Tabla 25 *Especificaciones técnicas de un panel LED para auto*

Tecnología	**LED SMD COB**
Luminosidad	135 lm
Color de la temperatura	6000 K
Voltaje	12 V
Amperaje	0.2 A
Potencia	2 W
Dimensiones	36 x 26 mm

Una imagen referencial es la que se muestra en Figura 16, en donde se muestran dos paneles LED de las especificaciones anteriormente mencionadas. Este tipo de panel funciona a través de la corriente entregada por el motor del automóvil.

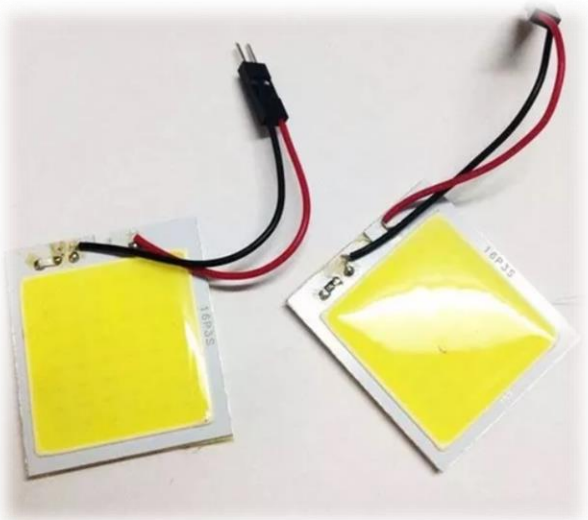


Figura 16: Paneles LED para automóviles

Los vehículos generalmente tienen conexiones para artículos que funcionen a un voltaje de 12 V, por lo que este panel no tendría problema en ser ocupado al interior del automóvil. Finalmente, posee un consumo energético de 2 W.

11.3.2.2 PANEL ELECTROLUMINISCENTE PARA AUTO

El panel electroluminiscente escogido para este escenario de evaluación es un panel flexible con alto brillo que funciona con la tecnología electroluminiscente.

Sus especificaciones técnicas se encuentran en la Tabla 26.

Tabla 26 *Especificaciones técnicas de un panel electroluminiscente para auto*

Tecnología	**Panel Electroluminiscente**
Brillo	120 cd
Tensión	12 V
Temperatura de funcionamiento	- 30°C a 70 °C
Temperatura de almacenamiento	- 40 °C a 85 °C
Espesor	0.3 – 0.5 mm
Consumo de energía	≤ 0.12 W/cm^2
Certificaciones	UL, RoHS

Según la Tabla 26, el consumo de energía del panel electroluminiscente es menor o igual a 0.12 W/cm^2; por lo que el consumo total del panel dependerá del tamaño que posea este. Una imagen referencial del panel se puede observar en la Figura 17.

Figura 17: Panel electroluminiscente flexible para auto

Este tipo de panel se cotiza en una empresa que realiza paneles a medida según el requerimiento del cliente, por lo que, con el objetivo de poder realizar la comparación con el panel LED, se utilizarán las mismas medidas de este panel para calcular el consumo total de energía del panel electroluminiscente.

El panel LED posee las dimensiones de 3.6 x 2.6 cm, por lo que su área corresponde a 9.36 cm^2. De esta forma, el valor del área se multiplica por el valor de 0.12 W; de lo cual se obtiene que el consumo de energía de un panel electroluminiscente de medida 3.6 por 2.6 cm, corresponde a 1.12 W.- Este cálculo se puede observar en la Tabla 27.

Tabla 27 *Cálculo de consumo de energía de un panel EL para automóvil*

Área de panel EL	9.36 cm^2	**TOTAL**	**1.12 W**
Consumo eléctrico	0.12 W/cm^2		

11.3.2.3 COMPARACIÓN ENTRE AMBAS TECNOLOGÍAS

De manera que ya se obtienen ambas opciones junto a sus correspondientes descripciones y detalles técnicos, se procede a realizar la comparación entre ambas tecnologías.

Se realizó el trabajo de buscar dos tipos de paneles con dimensiones similares, como también de características parecidas. Si bien las medidas de brillo de ambas opciones se encuentran en distintas medidas de unidades, ambos son comparables, ya que el panel LED posee una luminosidad de 135 lúmens, y por el lado del panel electroluminiscente, este posee una medida de brillo de 120 candelas.

La conversión de estas dos unidades es la siguiente:

$$1\ lm = 1\ cd\ x\ sr$$

La explicación del lumen se traduce a que si una fuente luminosa emite una candela de intensidad luminosa uniformemente en un ángulo sólido de un estereorradián[5], su flujo luminoso total emitido en ese ángulo es un lumen.

Por lo que, si se considera este ángulo sólido despreciable, ambos valores pasan a ser cercanos. De esta manera, si el panel LED posee 135 lumens, y el panel electroluminiscente emite un brillo de 120 candelas; ambos valores de luminosidad y brillo son similares. Siendo así, se decide que los paneles que se están evaluando, son comparables ya que emiten un valor similar de luminosidad.

[5] Es la unidad derivada del SI que mide ángulos sólidos. Es el equivalente tridimensional del radián, su símbolo es **sr**.

Finalmente, evaluaremos qué panel posee menor consumo de energía, ya que esto se traduce en menos cantidad de emisiones de dióxido de carbono (CO_2).- Para realizar la comparación, en la Tabla 28 se presentan los valores de los consumos de energía de cada panel para contrastarlos.

Tabla 28 *Consumo de energía de un panel LED y EL en un automóvil*

	Panel LED	**Panel Electroluminiscente**
Consumo de energía	2 W	1.12 W

Si bien ambos valores son muy pequeños, ya que ambas tecnologías poseen la ventaja de tener bajo consumo eléctrico, se puede ver una significante disminución en el consumo de energía del panel electroluminiscente. Lo que quiere decir que en 1 hora de funcionamiento, un panel LED consume 2 W de potencia, y por el lado del panel electroluminiscente, en la misma hora de trabajo consume 1.12 W. En términos de porcentajes, el panel electroluminiscente consume un 56% de lo que consume la tecnología LED.

Esta diferencia de potencia se ve reflejada en el consumo de combustible que posee el automóvil, lo que se traduce en una menor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo cual, para el escenario del uso de una luminaria en un automóvil, es más conveniente el panel electroluminiscente.

11.3.3 USO EN PUBLICIDAD

El tercer escenario para evaluar es el uso de las luminarias LED y electroluminiscente en la publicidad. Actualmente existen diversos productos basados en esta tecnología en el mercado, en forma de paneles, cintas, cables y diseños especializados que pueden dar vida

a un sin número de aplicaciones que van desde anuncios comerciales, hasta ropa de moda y automóviles.

El realismo y el atractivo visual que aportan estos dispositivos hacen que los mensajes comerciales se conviertan en un espectáculo y alcancen un enorme poder de persuasión. En la Figura 18, se muestran pancartas de publicidad.

Figura 18: Paneles publicitarios

En base a esto, se realiza una comparación entre ambas tecnologías utilizadas en publicidad vial al exterior.

11.3.3.1 PANEL LED PARA PUBLICIDAD

La tecnología LED se ha convertido en el mejor aliado de la publicidad, cualquier soporte con iluminación LED adquiere una nueva dimensión ante los ojos de los peatones.

El panel LED que se cotiza para esta evaluación, es un panel con tecnología idónea para proyectos de publicidad vial al exterior. Sus especificaciones técnicas se encuentran en la Tabla 29.

Tabla 29 *Especificaciones técnicas de panel LED publicidad*

Tecnología	**Pantalla LED P10 RGB**
Dimensiones	960 mm x 960 mm
Brillo	750 cd/m^2
Consumo	400 W
Voltaje	220 V
Sistema de control	LINSN Led Studio

Las ventajas de este tipo de panel es que posee visualización de día y en la oscuridad a distancia, brillantez, dinamismo y una extensa vida útil. Una imagen referencial se observa en la Figura 19.

Figura 19: Imagen referencial de panel LED publicitario

11.3.3.2 PANEL ELECTROLUMINISCENTE PARA PUBLICIDAD

A pesar de que el panel LED es un gran aliado de la publicidad y es un producto ideal para este ámbito, el panel electroluminiscente no se queda atrás.

La tecnología de la electroluminiscencia permite incorporar luz y dar animación secuenciada a un póster gráfico para captar la atención del público. La iluminación se puede animar para disminuir o incrementar la luminosidad en una secuencia pre-programada en un control digital, y convertirse en una imagen. De esta forma, se otorga vida al panel publicitario. Una imagen de referencia de este fenómeno se observa en la Figura 20.

Figura 20: Imagen referencial de publicidad con panel electroluminiscente

Las ventajas que posee el panel electroluminiscente sobre la tecnología LED, es que el póster es delgado, flexible, ligero y fácilmente adaptable a decoración de comercio, empaque, aparatos, vitrinas y otras aplicaciones.

El póster tiene el mismo espesor que el de una cartulina común, pero es capaz de iluminar las secciones designadas de manera uniforme y brillante. La animación puede ser diseñada para dar idea de movimiento, frescura, destacar información, dinamismo, etc.

Se cotiza un panel publicitario con electroluminiscencia, en donde la ventaja de este producto es que se puede ver cuando se encuentre apagado, o cuando se encuentre iluminado. Además, es flexible, se puede doblar como una superficie curva hasta los 160 grados. Los detalles técnicos se encuentran en la Tabla 30.

Tabla 30 *Especificaciones técnicas de panel electroluminiscente publicidad*

Tecnología	**Panel electroluminiscente para publicidad**
Tamaño	1 m x 1 m
Brillo	460 cd
Vida útil	10.000 – 20.000 hrs basado en el efecto de la animación
Voltaje	DC1.5V a 24 V o AC 100V~240V
Corriente de funcionamiento	≤ 0.25 ma/cm^2
Consumo	500 W
Seguridad	No emite radiación ultravioleta

En la Figura 21, se muestra el tipo de imagen cotizada para la publicidad de un tipo de bebida, en donde es un panel publicitario que utiliza la electroluminiscencia. Esta publicidad tiene una secuencia, donde la bebida poco a poco se va llenando con la iluminación.

Figura 21: Imagen referencial panel electroluminiscente

11.3.3.3 COMPARACIÓN ENTRE AMBAS TECNOLOGÍAS

Posterior a la evaluación de ambas opciones, se realiza la comparación entre las tecnologías, con el objetivo de conocer qué tipo de panel es más conveniente en cuanto al consumo energético; y así, cuál es el que contamina menos.

A manera de resumen, en la Tabla 31 se muestra la cantidad de consumo de los dos tipos de paneles que se evaluaron.

Tabla 31 *Consumo de energía de un panel LED y EL en publicidad*

	Panel LED	Panel Electroluminiscente
Consumo de energía	400 W	500 W

Según la información entregada en la Tabla 31, en 1 hora de funcionamiento el panel LED consume 400 Watts, en cambio, el panel electroluminiscente durante la misma hora de funcionamiento consume 500 Watts.

Al contrario que en los otros escenarios, iluminación convencional y automóvil, en este caso de la publicidad; el panel electroluminiscente consume un 25% más de energía que el panel LED.

Este aumento en el consumo de electricidad se puede deber a diversos factores, uno de ellos es que, en este caso, el panel electroluminiscente posee una secuencia de funcionamiento. Esto quiere decir, que la luz posee animación, incrementando la luminosidad del objetivo que se muestra en el panel publicitario.

Por lo que, el simple hecho que posea animación aumenta el gasto de energía, ya que requiere de mayor potencia para lograr efectuar esta secuencia de animación.

11.3.4 DECISIÓN FINAL

Luego de evaluar el consumo de electricidad de la tecnología LED y electroluminiscente en distintos escenarios, se puede obtener una decisión sobre qué aparato es menos contaminante en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Se evaluaron tres escenarios en donde se utilizan los dos tipos de paneles que se estudiaron, donde en dos de estos, resultaron que el panel electroluminiscente era mucho

más conveniente en cuanto al consumo energético; ya que tenía un menor gasto de electricidad. Por tanto, en el caso que se desee escoger un tipo de panel para utilizar en una iluminación convencional, como en el caso de una casa o una oficina, es preferible utilizar un panel electroluminiscente, ya que éste posee un menor consumo eléctrico. Lo cual se traduce a un menor gasto a nivel de energía eléctrica, como también una menor cantidad de kilogramos de contaminantes liberados al exterior.

Al igual que en el caso de iluminación interior para un automóvil, es más conveniente utilizar un panel electroluminiscente que un panel LED, ya que consume una menor cantidad de energía eléctrica. Esto es beneficioso para el usuario, ya que una cantidad menor de energía eléctrica se traduce en un menor gasto de combustible para el auto.

Sin embargo, cuando se trata de paneles publicitarios o pancartas de grandes tamaños, es preferible utilizar la tecnología LED., ya que este tipo de panel consume una menor cantidad de energía.

Finalmente, ambas tecnologías son eficientes y de bajo consumo eléctrico, por lo que la opción de ocupar cualquiera de estas, es beneficioso al momento de la publicidad.

12 CONCLUSIONES

Lo expuesto a lo largo de este trabajo permite arribar a las siguientes conclusiones, las cuales se mostrarán según la siguiente estructura:

1. Conclusiones Generales
2. Recomendaciones y futuras líneas de investigación

12.1 CONCLUSIONES GENERALES

La situación actual en el mundo está exigiendo cada vez más una necesidad de ahorro, tanto económico como energético. Es por esto que utilizar productos innovadores, llamativos y, además, eficientes, es una gran jugada para las empresas publicitarias. La electroluminiscencia es un fenómeno que se está abriendo a una gama de posibilidades gigantescas, en donde sus aplicaciones son muy variadas.

En este contexto, el estudio de factibilidad que se llevó a cabo fue realizado a través de 3 estudios: (1) técnico, (2) económico, y (3) ambiental; con el propósito de determinar la viabilidad de la instalación de paneles electroluminiscentes para su utilización en Chile.

En cuanto al estudio técnico, se concluye que el proyecto en sí es viable técnicamente, por tanto, es posible la fabricación de paneles electroluminiscentes en Chile. Su proceso productivo es alcanzable y no presenta ninguna complicación para ser realizado en el país. Sus maquinarias se encuentran en el mercado nacional, como también algunos de sus insumos. Además, el panel electroluminiscente no presenta ninguna restricción en el ámbito técnico para su operación, solo es necesario al momento de utilizar el panel, un inversor de corriente que transforme la energía entregada por la red nacional, a la corriente y frecuencia que opera el panel.

Se presentan dos opciones para instalar paneles electroluminiscentes en Chile, una de ellas es importar el panel desde un país extranjero, y la otra es fabricar el panel en las dependencias del país. Se evaluaron las restricciones comerciales que pudiesen existir al momento de importar un producto de esta índole a Chile, resultando que no existen limitaciones para realizar esta operación. Ya que el panel electroluminiscente no se encuentra dentro de las mercancías prohibidas a importar, y, por otro lado, tampoco existe un número limitante a la cantidad de productos a importar al país.

Posterior a esto, se evaluaron monetariamente ambas opciones, realizando un estudio de costos para cada alternativa presentada. Para realizar este estudio, se evaluó la opción de importar 10 paneles electroluminiscentes, ya que la empresa vendedora poseía una cantidad mínima a vender. Para esta opción se consideraron los costos de venta, de seguro, de transporte, aduana y de bodega. Resultando un valor de US $ 6.357.-

Por otro lado, con el objetivo de realizar una comparación real y viable, se evalúo la segunda opción, de fabricar 10 paneles electroluminiscentes en Chile, considerando costos de maquinarias, insumos, mano de obra y planta. Esta alternativa representa un valor de US $5.104.-

Con esta comparación, se obtiene que la mejor opción para operar paneles electroluminiscentes en Chile es fabricar los paneles.

Se destaca que la diferencia entre ambas opciones se debe a que, si bien la opción de fabricar los paneles conlleva a una gran inversión correspondiente a la compra de maquinarias; los insumos que son necesarios para fabricar los paneles no presentan un gran gasto, ya que nos encontramos frente a una economía de escala. A mayor cantidad de

paneles que se requieran, es más conveniente fabricar los paneles, que importarlos. En el caso que se deseen pocas unidades, es más favorable preferir la opción de importar.

Con respecto al análisis de sensibilidad, se obtiene que, tanto en el unidimensional como en el multidimensional, siempre es más conveniente monetariamente fabricar los paneles localmente, para este caso en estudio. Ya que a pesar de que las variables escogidas disminuyeran o aumentaran su valor en aproximadamente +-20%, la opción de fabricar los paneles seguía presentándose como la más atractiva financieramente. En todos los escenarios presentados, la opción de fabricar los paneles es más económica que importar los paneles.

El último estudio corresponde al análisis ambiental del panel electroluminiscente, donde el efecto de un producto en el medio ambiente se puede cuantificar mediante la huella de carbono. En este caso se realiza un análisis preliminar para saber que herramienta se utilizará para medir la cantidad de contaminantes que aporta el panel electroluminiscente. Resultando que el factor de emisión es el mejor representante para este caso. De manera de cuantificar y valorar la contaminación, se realiza una comparación con la tecnología LED, para conocer cuál es más amigable ambientalmente. Se elige este tipo de tecnología, ya que es un producto competitivo en el mercado de la iluminación.

Para la evaluación de ambas tecnologías, se escogen 3 escenarios: iluminación convencional, automóviles y publicidad; para realizar la comparación y conocer cuál consume una menor cantidad de energía eléctrica, ya que esta se traducirá en una cantidad menor de contaminantes liberados a la atmósfera. Posterior a la evaluación, se obtiene que el panel electroluminiscente es más conveniente en la iluminación convencional y en los automóviles, ya que presenta una menor cantidad de energía consumida. En el caso de la

iluminación convencional, el consumo del panel electroluminiscente representa un 28% del consumo de un panel LED, y en los automóviles, un 56%. Por otro lado, en el caso de la publicidad, el panel LED posee un consumo menor de energía, que el panel electroluminiscente. Ya que, el panel electroluminiscente consume un 25% más que el panel LED, por lo que, en el caso de la publicidad, es preferible utilizar un panel LED.

Se destaca que el panel electroluminiscente a pesar de consumir más energía eléctrica posee una característica que el panel LED no; que consiste en que el panel electroluminiscente puede aportar una secuencia de funcionamiento al panel publicitario. Otorgando animación, ya sea incrementando o disminuyendo la luminosidad del objeto a publicitar.

Finalmente, el panel electroluminiscente es un producto con grandes ventajas y que aún no ha sido descubierto en su totalidad. Es un producto factible tanto técnica, económica y ambientalmente; ya sea para fabricar en Chile, como también para instalar este tipo de luminarias. Su explotación en el mercado chileno puede representar un gran competidor para las luminarias ya existentes.

12.2 RECOMENDACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El panel electroluminiscente es un producto con grandes ventajas y que aún no ha sido descubierto en su máximo esplendor. Existen múltiples usos para este producto, donde actualmente en Chile se utiliza en pocas situaciones, como por ejemplo en retroiluminación o iluminación de fondo de ciertos productos, como relojes de muñeca.

Por lo que se recomienda explorar un poco más allá de lo más simple, la utilización de este producto puede ser tan variada desde escaleras de emergencias hasta pancartas de

publicidad. Se puede utilizar en lugares donde no es necesario que haya una luz tan potente, de esta manera el panel se puede utilizar con una luminosidad más baja o menor. Como también otras aplicaciones más novedosas, como agregar sonido al panel electroluminiscente, de manera que cuando se toque cierto color o cierta zona, se emite una nota musical asociada a ese color. Con esta nueva invención, el mercado de la electroluminiscencia se abre en una gama de posibilidades.

Se recomienda utilizar este tipo de luminaria en lugares que poseen un gran consumo de luz, un ejemplo es un establecimiento como un hospital, ya sea en sus pasillos, cuartos o salas, donde la luz se necesita encendida las 24 horas del día. Ya que al ser un producto que presenta un bajo consumo energético, el gasto en energía eléctrica podría disminuir, como también la huella de carbono; ya que se estaría emitiendo una cantidad menor de gases de efecto invernadero.

Otro uso recomendable es utilizar la electroluminiscencia en las luminarias de las calles, ya sea en alumbrado público o semáforos. Debido a su llamativa luz y gran potencia, será perfecto utilizar esta tecnología en estos escenarios; ya que presentaría un bajo consumo energético y además, aportaría más luminosidad a las calles. De esta manera, presentaría un gran impacto en el consumo energético, como también en la huella de carbono de las luminarias de las calles.

Finalmente, se recomienda seguir explorando las grandes aplicaciones de la electroluminiscencia, pero no solo como iluminación, sino con nuevos productos agregados, como arduinos, sensores de tacto, sensores de sonido y otros más. Esta tecnología aún tiene mucho potencial para ser explotado.

13 REFERENCIAS

Aduanas (2007). Servicio Nacional de Aduanas, extraído de https://www.aduana.cl/preguntas-frecuentes/aduana/2007-05-02/174128.html

Agencia de Eficiencia Energética (s.f.), Factor de emisión recuperado de https://www.acee.cl/

Akcelrud, L. (2003). Electroluminescent polymers. *Progress in Polymer Science*, *28*(6), 875- 962. doi: 10.1016/S0079-6700(02)00140-5

Alvarado, J., & Jaramillo, J. (2010). Sistemas fotovoltaicos para iluminación: Sistemas de iluminación en 12 v. *Universidad Técnica Particular de Loja. Descargado de http://www. utpl. edu. ec/jorgeluisjaramillo/wp-content/uploads/2010/06/renlux-sistemas-de-iluminacion-12V. pdf*.

Arias, E., Moggio, I., Navarro, D., Romero, J., Larios, L., Le Moigne, J., ... & Geffroy, B. (2002). Elaboración y estudio de nanopelículas de oligómeros y polímeros conjugados. Construcción de diodos electroluminiscentes. *REVISTA de la SOCIEDAD*, *46*(1), 23-31.

Asociación Chilena de Eficiencia Energética (2013). *Qué es Eficiencia Energética.* Recuperado de http://www.acee.cl/eficiencia-energetica/que-es-ee/

Blanco, A. (2001). *Formulación y Evaluación de proyectos*. Fondo Editorial Tropykos.

Cabriales Gómez, R. C. (2004). Luminiscencia en polímeros semiconductores. *Ingenierías*, *7*(23), 12-16.

Comisión de Energía Nacional (CNE) (2009). Demanda Energética Nacional de Largo Plazo.

DuPont (2006) *Datasheet for DuPont Luxprint*, DuPont de Nemours and Company. Recuperado de www.dupont.com/mcm

En-on, J., Sriprachuabwong, C., Tuantranont, A., Wongkokua, W., & Wongchoosuk, C. (2014, May). Flexible alternating current electroluminescent display: Study of parameters on light emission. *Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2014 11th International Conference on* (pp. 1-4). IEEE. doi: 10.1109/ECTICon.2014.6839744

Gago, A., Calderón, A. G., & Fraile, J. (2012). *Iluminación con tecnología LED*. Editorial Paraninfo.

Ge, T., Guo, L., Kang, Y., Zhou, J., He, H., Ng, P. J. E., ... & Chang, J. (2015, August). A driver circuit based on the emerging GaN-on-CMOS process for the emerging Electroluminescent panels. In *Circuits and Systems (MWSCAS), 2015 IEEE 58th International Midwest Symposium on* (pp. 1-4). IEEE

doi: 10.1109/MWSCAS.2015.7282215

Hart J, Lenway S & Murtha T (1999). *A History of Electroluminescent Displays,* Indiana University Recuperado de http://www.indiana.edu/~hightech/fpd/papers/ELDs.html

Ihobe, S. A. (2009). Análisis de ciclo de vida y Huella de carbono: Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto. *Sociedad Pública de Gestión Ambiental*.

International Energy Statistics. *Total Primary Energy Production 2014* Recuperado de https://www.eia.gov/beta/international/data/browser/#/?vs=INTL.44-1-AFRC-QBTU.A&vo=0&v=H&start=1980&end=2014

Iskander M. (1992). Electromagnetic Fields and Waves, *Long Groce.* Illinois: Waveland Press, Inc.

Jia, Z., Ge, T., Guo, L., Eileen, N. P. J., He, H., & Chang, J. (2016). A High Power Driver IC for Electroluminescent Panel: Design Challenges and Advantages of using the Emerging LEES-SMART GaN-on-CMOS process. *Procedia Engineering*, *141*, 91-93. doi: 10.1016/j.proeng.2015.09.227

Kannan, N., & Vakeesan, D. (2016). Solar energy for future world:-A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *62*, 1092-1105. Doi: 10.1016/j.rser.2016.05.022

Krasnov, A. N. (2003). Electroluminescent displays: history and lessons learned. *Displays*, *24*(2), 73-79. doi: 10.1016/S0141-9382(03)00015-5

Kopp, V., & Nixon, C. (2012). Design and Production Aspects of an Electroluminescent Segment Display.

Mauch, R. H. (1996). Electroluminescence in thin films. *Applied surface science*, *92*, 589-597. Doi: 10.1016/0169-4332(95)00301-0

Pandey, D. M. Agrawal y J. Pandey. Carbon footprint: current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1-4), 135-160 (2010).

Real Academia Española (2001). *Diccionario de la lengua española (22. A. ed.).* Recuperado de hhtp//www.rae.es/rae.html

Round, H. J. (1907). Electrical World. *Feb*, *9*, 309.

Sánchez, T. (2008). Estudio de factibilidad de un proyecto de inversión: etapas en su estudio. *Contribuciones a la Economía*, (2008-11).

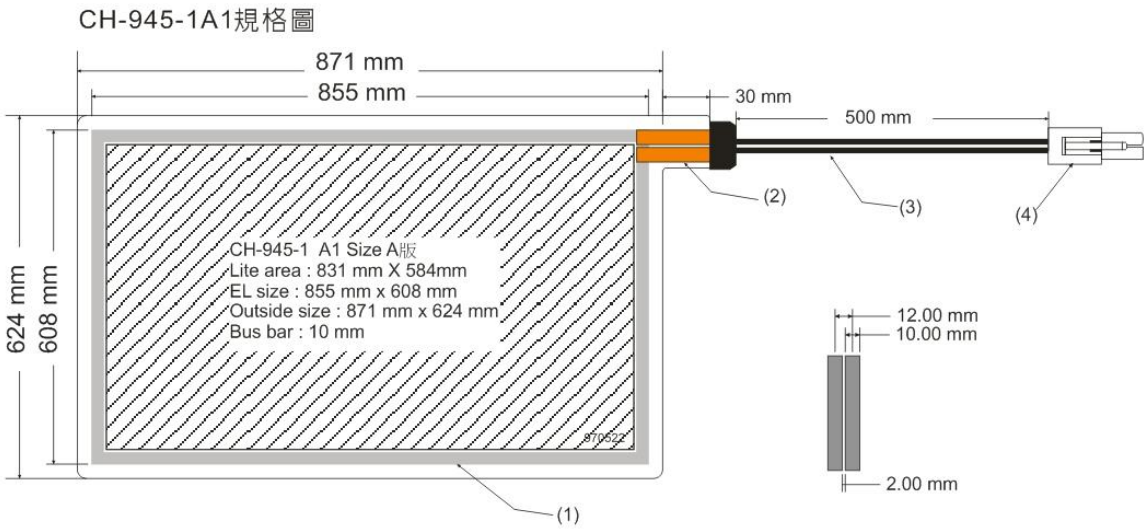
Schroeter, K. G. (2007). ENGINEERING ESSENTIALS-Printed-Electronics Technology Flexes Its Muscle-Forget about traditional, stiff silicon. Printed electronics can save costs while opening the door to new applications. *Electronic Design*, *55*(25), 40-56.

Silver, J., Ireland, T. G., Harris, P., Fern, G. R., & Withnall, R. (2013, June). 19.6 L: News Paper: How to Fabricate Much Brighter AC Electroluminescent Lamps: Optimizing the Alignment of the Emitting ZnS: Cu Phosphor Particles to the AC Field. In *SID Symposium Digest of Technical Papers* (Vol. 44, No. 1, pp. 224-227). Blackwell Publishing Ltd. doi: 10.1002/j.2168-0159.2013.tb06185.x

Sugimoto, A., Ochi, H., Fujimura, S., Yoshida, A., Miyadera, T., & Tsuchida, M. (2004). Flexible OLED displays using plastic substrates. *IEEE Journal of selected topics in quantum electronics*, *10*(1), 107-114. doi: 10.1109/ECTICon.2014.6839744

14 ANEXOS

14.1 ANEXO 1



Remark;
(1). Transparent dimension 8mm (1)
(2). Connect pins length 30mm, width 10mm (2).
(3).wire length 500mm (3) black color with white male housing(4)

註;
(1).雙面霧面冷裱，外擴成型邊8mm
(2).壓紋銅箔長30mm，寬10mm
(3).線長500mm白頭端子(4)

14.2 ANEXO 2

COCHIEF COCHIEF INDUSRTIAL CO., LTD. http://www.cochief.com

4F-1, No26, WuChuan 2 Rd, Wu Ku Ind. Zone, ShinJuang City, Taipei, Taiwan TEL:+886-2-22982822 FAX:+886-2-22981175

報價單

Company	UTFSM		
Atten:	MR. Rocio belen pinto	voice Numb	IN20180522002
Phone	56966663299	Date	2018/5/22
Fax	:	Remark	FOB PRICE
Email	rocio.pinto.12@sansano.usm.cl		

ITEM	Specification	Q'ty	Currenc	Unit Price	Remark
1	EL-A1 Size Pink-white color Dimension of all size: (W) 624*(L)871mm EL Size: 608*855mm Lite area: 584*831mm	10	USD	240	MOQ 10PCS
2	A1 Size Inverter /input AC85-245V / output 80~150V /Frequency 700~1100H /	10	USD	125	

◆TERMS & CONDITIONS

1.Validity: 30 days but subject to our final confirmation.

2.Payment: F.O.B. Taiwan. Sample order or under USD3,000 /order at T/T in advance.

(A) under USD60,000/order at 50% T/T in advance, 50% before shipment.

(B) above USD60,000 at 40% T/T in advance and 60% L/C.

3.The charge of bank transfer: USD 25 at Buyer's expense under USD1,000 per order.

4. Payment: T/T in adavnce.

5.Delivery: Sample order within 10-14working days after receipt of payment.

6.Packing: standard OEM Packing.

7. Lead time of adaptor is 6~8weeks.

皓智企業股份有限公司