



Vigilancia tecnológica para determinar la factibilidad técnica, económica y ambiental de implementar plataformas peatonales para la generación de energía eléctrica mediante sistemas piezoeléctricos.

Modalidad: Proyecto de investigación

Rodrigo Alberto Ramírez Coronel.
C.C. 1.095.808.170

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico
Barrancabermeja, Fecha: (30/10/2020)



Vigilancia tecnológica para determinar la factibilidad técnica, económica y ambiental de implementar plataformas peatonales para la generación de energía eléctrica mediante sistemas piezoeléctricos.

Modalidad: Proyecto de investigación

Rodrigo Alberto Ramírez Coronel.
C.C. 1.095.808.170

Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo en Operación y Mantenimiento Electromecánico

DIRECTOR

Fredy Alberto Rojas Espinoza

CODIRECTOR

Luis Omar Sarmiento Álvarez

Grupo de investigación – DIANOIA

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico
Barrancabermeja, Fecha de presentación: 30-10-2020

Nota de Aceptación



Firma del Evaluador



Firma del Director

DEDICATORIA

*A mis tíos, Jorge Olarte y Nurys Contreras,
a mis padres Rodrigo Ramirez y Lucy Coronel,
por creer, confiar y enseñarme, a sobreponer a la
adversidad para lograr mis propósitos. A Ellos les
dedico esta meta alcanzada.*

Rodrigo Alberto Ramirez Coronel.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios, nuestro padre celestial, por permitirme culminar esta etapa importante y crucial para mi desarrollo profesional. A pesar de tantos inconvenientes, el todopoderoso me bendijo con sabiduría, para lograr terminar satisfactoriamente mis estudios.

A mi familia, por su sostén y amor incondicional. Gracias a su esfuerzo y a la oportunidad brindada, he podido alcanzar una meta más en mi vida que los enorgullece.

Al ingeniero y director del proyecto, Fredy Alberto Rojas Espinoza. Quien no solo depositó su confianza en mí, sino que también me ofreció parte de sus conocimientos y disponibilidad para el desarrollo de este proyecto investigativo.

A Diana Mier, quien, a través de sus conocimientos, me brindó diferentes puntos de vista y aportes significativos, para la elaboración del presente proyecto. Agradezco su interés y el acompañamiento en el proceso.

A mi novia, quien estuvo a mi lado, brindándome apoyo y animándome. A mis amigos y todas aquellas personas que aportaron su grano de arena para ayudarme a alcanzar este triunfo.

“El éxito consiste en ir de fracaso en fracaso sin perder el entusiasmo” (Winston Churchill).

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	13
1.3. OBJETIVOS.....	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	15
2. MARCO REFERENCIAL	18
2.1. MARCO TEORICO.....	18
2.2. MARCO HISTÓRICO.....	27
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	28
2.4. MARCO LEGAL.....	34
2.5. NORMAS TÉCNICAS.....	35
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	37
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	37
3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
3.4. PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS.....	38
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....	41
4.1. VIGILANCIA TECNOLÓGICA A PAÍSES QUE UTILIZAN PLATAFORMAS PIEZOELÉCTRICAS COMO GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	41
4.1.1. UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA, SEDE VIÑA DEL MAR, CHILE.....	41
4.1.2. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA.....	44
4.1.3. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, CIUDAD DE MÉXICO, MÉXICO.....	46
4.1.4. UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, LAMBAYEQUE, PERÚ.....	49
4.1.5. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA, BARCELONA, ESPAÑA.....	52
4.2. MATRIZ DOFA PARA DETERMINAR EL IMPACTO ECONOMICO, AMBIENTAL, SOCIAL Y DE EFICIENCIA ENERGETICA EN EL MAGDALENA MEDIO.	55

4.2.1.	FUENTES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA CONVENCIONALES.....	55
4.2.2.	MATRIZ DOFA.....	56
4.2.3.	IMPACTO ECONÓMICO, AMBIENTAL, SOCIAL Y DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA REGIÓN DEL MAGDALENA MEDIO.....	58
4.3.	MONTAJE CON DISPOSITIVOS PIEZOELÉCTRICOS PARA LOGRAR EL MAYOR RENDIMIENTO ENERGETICO EN LAS INSTALACIONES DEL RESTAURANTE BURGER KING CENTRO MAYOR.....	60
4.3.1.	DISEÑO Y CARACTERIZACIÓN DEL MONTAJE MECÁNICO Y ELÉCTRICO DE LOS DISPOSITIVOS PIEZOELÉCTRICOS.....	60
4.3.2.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA BURGER KING.....	63
4.3.3.	RENDIMIENTO ENERGÉTICO	66
4.4.	GESTIÓN DE CONSULTORÍA CON EL SECTOR PRODCUTIVO.....	68
5.	RESULTADOS	70
5.1.	VIGILANCIA TECNOLÓGICA A PAÍSES QUE UTILIZAN PLATAFORMAS PIEZOELÉCTRICAS.	70
5.2.	MATRIZ DOFA, ENERGÍA PIEZOELÉCTRICA VERSUS ENERGÍAS CONVECIONALES.....	71
5.3.	CONFIGURACIÓN PIEZOELÉCTRICA PARA LOGRAR EL MAYOR RENDIMIENTO ENERGETICO.....	72
5.4.	EJECUCIÓN DE LA CONSULTORÍA Y DOCUMENTO EJECUTIVO CON LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	74
6.	CONCLUSIONES	76
7.	RECOMENDACIONES.....	78
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
9.	ANEXOS.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de Vigilancia Tecnológica.....	19
Figura 2. Estructura de Ciclosilicatos. Turmalina (Si_6O_{18}).....	22
Figura 3. Estructura general de un sistema de medida	32
Figura 4. Medidas generales de la baldosa V3.....	42
Figura 5. Alojamiento del generador	43
Figura 6. Hoja superior.....	43
Figura 7. Eco-Baldosa Piezoeléctrica Pavegen.....	45
Figura 8. Ensamble de la baldosa	48
Figura 9. Circuito electrónico para almacenar y transmitir	48
Figura 10. Conexión serie paralelo de discos piezoeléctricos	50
Figura 11. Diagrama de Bloques y Componentes Electrónicos.....	53
Figura 12. Baldosa Configuración Final.....	54
Figura 13. Etapas sistema de recolector de energía.	60
Figura 14. Circuito mecánico-electrónico para transmitir y almacenar.....	62
Figura 15. Configuración para el almacenamiento de energía eléctrica a través de piezoeléctricos usando el circuito integrado LTC3588-1.	62
Figura 16. Centro Comercial Centro Mayor	65
Figura 17. Instalaciones del restaurante Burger King Centro Mayor.....	66
Figura 18. Configuración del circuito integrado LTC3588-1 para lograr el mayor rendimiento energético producido por las pisadas.....	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Matriz DOFA</i>	57
Tabla 2. <i>Relación países que utilizan plataformas piezoeléctricas</i>	70
Tabla 3. <i>Matriz DOFA resultados</i>	71
Tabla 4. <i>Resultados Voltaje y Corriente máximos</i>	73
Tabla 5. <i>Visitantes promedio y pisadas diarias</i>	74
Tabla 6. <i>Tiempos de carga para una batería de almacenamiento con carga variable</i>	74

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación tiene como propósito divulgar los estudios realizados sobre el sistema de generación de energía eléctrica, mediante el uso de plataformas peatonales como alternativa de energía renovable aplicando el concepto de vigilancia tecnológica. La metodología utilizada para tal fin está basada en 5 pasos fundamentales, los cuales consisten en determinar el problema de investigación, definir los objetivos de la investigación, identificar el tipo y las fuentes de información, el alcance de la investigación permitirá dar a conocer la identificación de países que utilizan plataformas peatonales como sistema de generación de energía, para generar contenido y construcción de conocimientos respecto a la viabilidad técnica y económica mediante vigilancia tecnológica a los componentes físicos del generador, y mecanismos de transformación de energía, de igual manera abarcará también proyecciones y caracterización del montaje mecánico y eléctrico óptimo de los dispositivos piezoeléctrico, respecto al flujo peatonal en el restaurante Burger King, ubicado en el Centro Comercial Centro Mayor en Bogotá D.C. para determinar el mayor rendimiento energético mediante los respectivos cálculos. Contendrá una matriz DOFA para reconocer debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, las ventajas y desventajas del uso de las plataformas piezoeléctricas, y su contribución al mejoramiento del medio ambiente, debido a que permiten la generación de energías eléctricas de manera amigable, el resultado del desarrollo será plasmado a través de un acuerdo de consultoría con la empresa BKAL S.A.S. – BURGER KING para evaluar la factibilidad de implementar el sistema piezoeléctrico de generación de energía alternativa.

PALABRAS CLAVE. Piezoeléctrico, Energía, Factibilidad, Generador, Plataforma.

INTRODUCCIÓN

El panorama de los piezoelectricos ha sido un tema recurrente en la búsqueda de la generación de energías sostenibles. La piezoelectricidad es un fenómeno físico mediante el cual cristales sometidos a una fuerza mecánica generan diferencias de potencial. El cuarzo es uno de esos cristales piezoeléctricos. Al compactarlo o estirarlo, genera una diferencia leve de potencial eléctrico entre sus extremos al reorganizar sus cargas. Si se conecta un cable entre ellos, se puede formar una microcorriente aprovechable. Desde su descubrimiento en 1880 por los hermanos Curie, se ha venido trabajando en su desarrollo para implementar esta tecnología en actividades cotidianas y aplicaciones comerciales de hoy en día (Arévalo & Lamprea, 2019).

Este proyecto de investigación busca establecer la factibilidad técnica, económica y ambiental, aplicando vigilancia tecnológica basada en piezoelectricidad, donde se aprovecha la energía mecánica de las pisadas humanas, para la generación de energía eléctrica de forma limpia y amigable con el medio ambiente, dejando atrás todo método de energía convencional, las cuales emiten gas de efecto invernadero deteriorando directamente la atmosfera y agotando de forma irracional los recursos naturales. Se estudia también la relación costo-beneficio de la implementación de plataformas piezoeléctricas y su impacto dentro de la sociedad, así mismo se realiza una búsqueda minuciosa para finalmente proyectar el circuito adecuado con el cual se puede obtener el mayor rendimiento energético producto del flujo peatonal, y cada uno de los elementos eléctricos y electrónicos que lo conforman, además de los materiales usados y los sitios que se utilizan para la instalación de esta nueva tecnología, permitiéndonos de esta manera determinar la factibilidad técnica (Autor).

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las leyes del país y la supervivencia sustentable exigen la preservación del ambiente. Todos los proyectos de alguna forma modifican el ambiente, siendo imperativo evaluar y si es necesario mitigar los efectos a través de investigaciones y estudios de impacto ambiental, el alto grado de consumo de energía eléctrica que actualmente está utilizando el ser humano para las necesidades cotidianas y el uso desmedido ha producido un problema en el equilibrio del planeta. La sobreexplotación de los recursos naturales no renovables (carbón, petróleo y gas) utilizados para la generación de energía eléctrica, ocasionan daños ambientales que se pueden dividir en impactos locales e impactos globales, la utilización de energías no convencionales acarrea el agotamiento progresivo de los recursos no renovables. La producción, transporte y consumo de energía es hoy fuente de emisiones de gases de efectos invernadero que afecta directamente la capa de ozono, y contribuyen al cambio climático causando daños irreparables a los ecosistemas y afectando directamente al ambiente. Perevochtchikova (2012).

Debido a la gran cantidad de consumo de energía provenientes de combustibles fósiles y teniendo en cuenta la contaminación que generan las fuentes de energía no renovables, muchos países empiezan a aplicar estrategias para enfrentar el cambio climático, buscando fuentes de energías renovables (Hidroeléctrica, Eólica, Biomasa, Solar) de recursos que son inagotables; se realiza un estudio de vigilancia tecnológica a las plataformas piezoeléctricas, logrando conocer el funcionamiento de cada uno de los componentes electrónico y electromecánicos, y así investigar que tan provechoso resultaría implementar plataformas para la generación de energía eléctrica y el impacto al medio ambiente (Vargas, 2016). De la investigación se pretende a través del estudio de los componentes de las plataformas piezoeléctricas determinar si ¿las plataformas piezoeléctricas para la generación de energía eléctrica son una alternativa para reducir los impactos negativos al medio ambiente?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El actual modelo de desarrollo económico, basado en el uso intensivo de los recursos energéticos de origen fósil, provoca impactos medioambientales negativos y desequilibrios socioeconómicos que están obligados a definir un nuevo modelo de desarrollo sostenible, Artidiello (2013). La generación de energía eléctrica por plantas de carbon, petroleo o gas emiten a la atmosferas gases de efectos invernadero produciendo agotamiento en la capa de ozono y ocasionando cambio climatico, la produccion de energia electrica a través de combustibles fósiles acarrear diferentes impactos ambientales como es la disminuciónde los recursos no renovables, contaminación del agua y de los suelos, en vista de los factores negativos que tiene la generacion de energia electrica de manera convencional y como acto para frenar los cambios, se hace necesario pensar en fuentes de generaci3n limpia y amigable con el ambiente, para así disminuir los impactos negativos. (Vargas, 2016)

En Colombia el consumo de energía ha aumentado de manera considerable en los últimos años, lo que conlleva a pensar en ideas que contribuyan a la generaci3n de energías limpias y sostenibles, que suplan parte de la necesidad y así proteger el medio ambiente a futuro. Las calles y autopistas de las principales ciudades del país reciben a diario grandes cantidades de energía generada por la compresi3n entre las llantas y pizadas y el pavimento en diferentes formas, que puede ser aprovechada por las plataformas piezoelctricas. Cardozo Gutierrez, N., & Tamayo Zapata (2017).

Son entonces, las plataformas piezoelctricas una alternativa para aprovechar toda la energía mecánica y vibraciones generadas por las pisadas humanas, con el fin de producir energía limpia y amigable con el medio ambiente. Esta nueva tecnología a pesar de ser una opción energética poco conocida es prometedora, ya que brinda mayor acceso a la energía eléctrica, mejora en la calidad del aire, y reduce la dependencia de la energía convencional, además posee mayores ventajas frente a otro tipo de fuentes no convencionales, ya que su funcionamiento no se ve limitado por factores climáticos o geográficos. Esta investigaci3n busca determinar la factibilidad técnica, ambiental y económica de implementar esta nueva forma de generar energía a través de elementos piezoelctricos, así mismo promover e incentivar estudiantes para que realicen futuros proyectos de investigaci3n, basados en esta nueva alternativa (Autor).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar vigilancia tecnológica para determinar la factibilidad técnica, económica y ambiental de implementar plataformas peatonales para la generación de energía eléctrica mediante sistemas piezoeléctricos.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Relacionar países que utilizan plataformas peatonales como sistema de generación de energía para generar contenido y construcción de conocimientos respecto a la viabilidad técnica y económica mediante vigilancia tecnológica a los componentes físicos del generador y mecanismos de transformación de energía.
- Establecer los beneficios económicos, ambientales, sociales y de eficiencia energética utilizando matriz DOFA a partir de un comparativo del sistema de generación de energía con plataformas piezoeléctricas, respecto a otras fuentes de generación convencionales, con el fin de evaluar el impacto que tendría en la región del Magdalena Medio.
- Proyectar y caracterizar el montaje mecánico y eléctrico óptimo de los dispositivos piezoeléctricos, respecto al flujo peatonal en la empresa BKAL S.A.S Burger King, ubicado en el Centro Comercial Centro Mayor en Bogotá D.C. para determinar el mayor rendimiento energético mediante los respectivos cálculos.
- Elaborar un informe ejecutivo con los resultados obtenidos de la investigación basada en la vigilancia tecnológica y los estudios previos sobre plataformas peatonales piezoeléctricas para generación de energía con fines de lograr un acuerdo para la ejecución de una consultoría con la empresa BKAL S.A.S.-BURGER KING.

1.4. ESTADO DEL ARTE

A nivel internacional, se encontró el proyecto titulado “Power-Generating Floor” at Tokyo Station. De acuerdo con el documento de la empresa JR East en Tokio se realizó la instalación de piezoeléctricos situadas en el paso de las registradoras de acceso a la estación de Marunouchi del metro de la ciudad. Las primeras pruebas se realizaron entre los meses de octubre y noviembre del 2006, en el proceso se realizó la instalación de piezoeléctricos, la máxima cantidad de electricidad fue de 10KW por día, según los aforos la producción se debió al paso de 800.000 usuarios del metro. En los meses de enero y mayo de 2008 se llevó a cabo la segunda prueba en la estación de Yaesu, ubicada también en Tokio, donde también se realizó la instalación de piezoeléctricos en las entradas de las registradoras y en escaleras, se amplió la zona de acción a $90 m^2$, diez veces más alta que la primera realizada en la estación de Marunouchi, los resultados fueron 500KW por día. (JapanRailwayCompany, 2008).

A nivel internacional, en el departamento de arquitectura de MIT (Massachusetts Institute of Technology) dos estudiantes llevaron una investigación en el año 2007 que tenía como objetivo demostrar la capacidad de los peatones en el espacio público. Propusieron la creación de una loseta la cual genera energía mecánica por medio del peso de los peatones a través de materiales piezoeléctricos. El generador está incorporado en la loseta y funciona por el movimiento vertical producido por los peatones. La propuesta ganó un concurso sobre construcciones sostenibles promovido por Holcim en Suiza en el año 2007, la propuesta ganadora fue el modelo a instalar en la estación de tren en Turín, Italia, cada panel proporcionaba electricidad para 4 bombillos LED's. (Graham, T. J., 2016).

A nivel internacional, la empresa israelí Innowattech, en colaboración con el Technion-Israel Institute of Technology, ha desarrollado un método para generar electricidad a partir del tráfico, aprovechando la presión de los vehículos sobre el asfalto. El sistema consiste en una serie de generadores colocados bajo el asfalto de las carreteras que generan energía cuando los coches pasan por encima. Cada uno de ellos es capaz de producir hasta 2000 vatios-hora que se almacenan en baterías colocadas a lo largo de la calzada. El sistema se experimentó con éxito en una carretera de Israel en el año 2010, en un tramo de solo diez metros. Según publica el diario Haaretz, la directora del proyecto, la doctora Lucy Edri-Azoulay, explicó que los dispositivos se colocan en 5 centímetros por debajo de la superficie del asfalto y trabajan con el peso de los vehículos que los pisan. La tecnología que se emplea está basada en materiales piezoeléctricos que generan energía según la fuerza que se le aplique. (Innowattech, Libertad digital, 2019).

A nivel internacional, en abril de 2011, Movistar realizó una campaña publicitaria en la cual mediante la instalación de placas piezoeléctricas en el suelo del estadio de Fútbol Bernabéu. Se produjeron 8.400 watts por segundo con los cuales se generó electricidad en el pueblo Patones de Arriba, en Madrid, para que los habitantes vieran el partido Real Madrid vs Málaga en una pantalla LED gigante. La empresa británica Pavegen ha desarrollado losas piezoeléctricas capaces de producir por cada paso de los caminantes de 5 a 8 julios de energía (1 julios equivale a 1 Watts por segundo), dependiendo del peso de la persona. Si las losas se utilizan en vías muy transitadas, estaciones de buses o discotecas el potencial del sistema sale a relucir. El diseño de las losas permite soportar ambientes extremos con gran afluencia de peatones y son resistentes al agua, son apropiadas para operar tanto en interiores como exteriores. Además, han sido desarrolladas para instalarse fácilmente en pisos ya construidos o en proyectos nuevos. (Portillo, 2019).

A nivel internacional, se encontró un proyecto que implementa “losas Pavegen” como prueba de la eficiencia y viabilidad, las losas Pavegen se han empleado en las sedes corporativas de Johnnie Walker y WWF; sin embargo, el proyecto más representativo fue el realizado durante los juegos olímpicos de Londres, en 2012, donde las losas fueron usadas en el túnel que conecta la estación del metro West Ham con el Olympic Park. Gracias a la incorporación de tecnología de comunicación inalámbrica en las losas, los datos de la cantidad de energía renovable que se capturó durante los juegos fueron recogidos por los sistemas de la compañía. A partir de los datos, se estableció que, durante los Olímpicos, las losas recibieron más de un millón de pisadas. A nivel nacional, ya se cuenta con algunos proyectos que incorporan la tecnología como es la idea desarrollada en la ciudad de Medellín, en el año 2013 se dio a conocer el proyecto de Treevolt el cual fue apoyado por Ruta N dentro del programa Inlab2Market donde se innovo a nivel de Latinoamérica en la instalación de piezoeléctricos en la calle décima, antes de llegar a la glorieta del centro comercial Monterrey ubicado en el poblado, el proyecto tuvo como fin la generación de energía en la vías de la ciudad.(Revista Vivienda, Generar Energía renovable con solo caminar, 2017).

Teniendo en cuenta el Boletín N° 3 de vigilancia tecnológica sobre materiales inteligentes donde las fundaciones (OPTI Y ASCAMM, 2010) tratan el tema de materiales piezoeléctricos, por su gran aplicabilidad y extensión desde su descubrimiento, puede observarse la evolución que ha tenido el estudio de los materiales piezoeléctricos en los últimos años, ya que se han seleccionado los datos correspondientes a la publicación de artículos y publicaciones de conferencias entre 1980 y 2009. Los materiales piezoeléctricos fueron descubiertos en el año 1880, cien años después aún no habían tenido un gran desarrollo, hasta el año de 1991 cuando ocurre un incremento en sus estudios. Según datos más recientes y las últimas investigaciones realizadas en este ámbito desde el año 2005, se han obtenido un total de 19.662 publicaciones, siendo las instituciones chinas las que

poseen un mayor número de publicaciones, a excepción de la PennStateUniversity de Estados Unidos que ocupa el segundo. (OPTI Y ASCAMM, 2010), boletín N°3 Vigilancia Tecnológica – Materiales piezoeléctricos.

Los materiales piezoeléctricos dentro de las posibles fuentes energéticas investigadas es una de las más prometedoras en el futuro, es por esta razón que se realiza una vigilancia tecnológica a las tendencias a nivel internacional según la actividad inventiva. A partir del año 2008 la tecnología concluye su etapa emergente con 49 invenciones y un acumulado de su actividad inventiva de 56 invenciones, así mismo, desde esta fecha aborda su etapa de crecimiento con un acumulado de actividad inventiva de 876 y con 147 invenciones en el año 2015. Dentro de los países que más se destacan como solicitantes de patentes se encuentra China, como líder en la tecnología con 307 invenciones en 337 solicitudes, le sigue Corea que presenta 225 invenciones en 267 solicitudes, además, otros lugares asiáticos y norte americanos como Japón y Estados Unidos, presentan 125 invenciones en 147 solicitudes y 38 invenciones 52 solicitudes respectivamente, por otra parte, se destaca la participación de lugares de origen latinoamericanos como México y Brasil (Montoya, Escobar & Angulo, 2010).

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEORICO

En la actualidad las empresas están siendo afectadas por la gran competencia que hay a nivel mundial, en la cual ya no solo priman los precios bajos o la calidad para poder sobrevivir en el mercado, sino la capacidad de innovación que tenga la compañía para poder introducir nuevos o mejorados productos y servicios, teniendo en cuenta que se hace necesario un cambio organizacional, que involucre mejoras en los procesos para atender de una forma adecuada las necesidades y deseos de los clientes, consiguiendo así la permanencia en el mercado. Es notable la necesidad de aplicar herramientas de vigilancia tecnológica en los productos y servicios ofertados, para así saber cuál es el comportamiento en el mercado y los principales competidores, de acuerdo a los últimos avances tecnológicos cuál se pueden aplicar a los procesos; y que investigaciones se deben organizar que no se estén realizando en el mercado. Con la finalidad de identificar oportunidades y amenazas, tomar decisiones estratégicas y lograr mejoras en la competitividad con las entidades que las apliquen. Arango , B. A., Tamayo, L. G., & Fadul, A. B. (2012).

Vigilancia Tecnológica: es una forma organizada, selectiva y permanente de captar información del exterior sobre tecnología, analizarla y convertirla en conocimiento para la toma de decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios. La vigilancia tecnológica se atribuye a la identificación de un problema a resolver, de tendencia tecnológicas, de mercado y de actores relevantes respecto a técnicas, productos y derechos de propiedad intelectual involucradas, se puede afirmar que la vigilancia tecnología no es solo identificar problemas y resolver, sino que es una metodología sistematizada para obtención de información respecto al estado actual y ejecución del desarrollo científico-tecnológico, a partir de la recopilación de datos procedentes del interior y del entorno de la organización, de la transformación de dichos datos en información de gran valor, del procesamiento y análisis, con el fin de generar reportes que orienten la toma de decisiones organizacionales de forma dinámica, manteniendo un monitoreo constante de los cambios producidos en los datos, con el fin de actualizar información (Arango , Tamayo, & Fadul, 2012).

Figura1. Ciclo de Vigilancia Tecnológica



Fuente: Manual de Vigilancia Tecnológica

METODOLOGÍAS PARA REALIZAR VIGILANCIA TÉCNOLÓGICA

Data Mining (Minería de datos): Es una metodología para generar información a partir de una fuente estructurada o base de datos. El proceso de generación de información a partir de la minería de datos no se entiende por obvio, ya que dicha información se encuentra implícita, y solo puede ser obtenida luego de una preparación, limpieza y exploración de la base de datos. Existen variados algoritmos utilizados para realizar minería de datos. Entre las técnicas mas conocidas se encuentran las redes neuronales, árboles de decisión, regresiones lineales y algoritmos de agrupamiento y categorización. (Universidad de Chile / vigilando las fronteras tecnológicas, 2010).

Text Mining (Minería de Textos): Es una forma alternativa de recuperar información a partir de datos no estructurados y, de hecho, almacenados en documentos diversos. Es una herramienta valiosa si se piensa que la mayor parte de la información no se encuentra oculta en una base de datos, sino que en documentos carentes de una estructura uniforme, como es el caso de las publicaciones científicas, libros y reportajes, entre otros. A través de la generación de criterios de selección y filtros se puede extraer conceptos, categorías, agrupaciones de textos, entre otros. (Universidad de Chile / vigilando las fronteras tecnológicas, 2010).

Web Mining (Minería de sitios de internet): Tal como en nombre lo señala, se concentra en inspeccionar, localizar, caracterizar y clasificar información procedente de dominios de internet. Es de vital importancia al considerar los grandes flujos de información implícita en los millones de sitios web disponibles en todo el mundo, siendo muchos de libre acceso. Se divide en tres categorías: Minería de uso, de contenido y de estructura. La minería de uso es la forma en que un usuario interactúa con una página web, aporta datos de gran interés. Tradicionalmente se han utilizado los logs recopilados por los servidores para este tipo de minería (en estos casos se hablan de los mining). Es posible, a partir de los datos de interacción, detectar patrones que puedan ser aprovechados con distinta finalidad, desde mejorar la compra en un web modificando la navegación, hasta la personalización de la publicidad. Por otro horizonte la minería de contenido se basa en la obtención de los datos que contienen las páginas web. Esta minería presenta la mayor dificultad, debido entre otros: a la falta de estructura de los datos, a su diversidad (ej. Imágenes, pdfs, etc.), a la dificultad de interpretar (ej. Opiniones). El uso que se le da a los contenidos, una vez estructurados, pueden ser muy diversa: desde la detección de patrones de interés hasta la inteligencia comercial. Por otro lado, la minería estructural se ocupa de recopilar la información a partir de nodos e interrelaciones generadas a través de hipervínculos existentes entre un sitio web determinado y otro; también se encarga de recoger información y clasificar distintos dominios de internet en base a la estructura de árbol y organización de cada uno. (Universidad de Chile / vigilando las fronteras tecnológicas, 2010).

PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA:

- ✓ Apoyar el proceso de investigación.
- ✓ Establecer el grado de novedad de un desarrollo.
- ✓ Minimizar el riesgo en la planificación estratégica.
- ✓ Orientar la mejor estrategia de desarrollo tecnológico.

Jiménez (2018), Ventajas de aplicar vigilancia tecnológica en tu empresa, Universidad Minuto de Dios.

PIEZOELECTRICIDAD

La Piezoelectricidad es la propiedad que poseen algunas sustancias no conductoras, cristalinas, de presentar cargas eléctricas de signo contrario en las caras cuando se deforman (Gómez, 2018).

MATERIALES PIEZOELÉCTRICOS

Hasta hoy, la piezoelectricidad ha sido asociada a muchos tipos de materiales; en el comienzo la piezoelectricidad fue percibida en minerales naturales, tales como el cuarzo, la turmalina, el topacio y la sal de Rochelle (tetrahidratotartrato de sodio y potasio, o $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Todos los demás cristales piezoeléctricos, tales como el dihidrofosfato amónico $[\text{GaPO}_4]$, y los óxidos complejos de galio y lantano, se obtienen en forma artificial. Los materiales piezoeléctricos son formas cristalinas naturales o sintéticas que no poseen un centro de simetría. Pueden ser agrupados en 2 grandes vertientes.

- I. Cristales piezoeléctricos naturales.
- II. Cristales piezoeléctricos sintéticos.

Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016).

• NATURALES

Son aquellos materiales cristalinos que no poseen centro de simetría, son encontrados en la naturaleza. Las propiedades piezoeléctricas exhibidas yacen intrínsecas. Los materiales piezoeléctricos naturales más comunes son el cuarzo, la turmalina, y la sal de Rochelle. Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016).

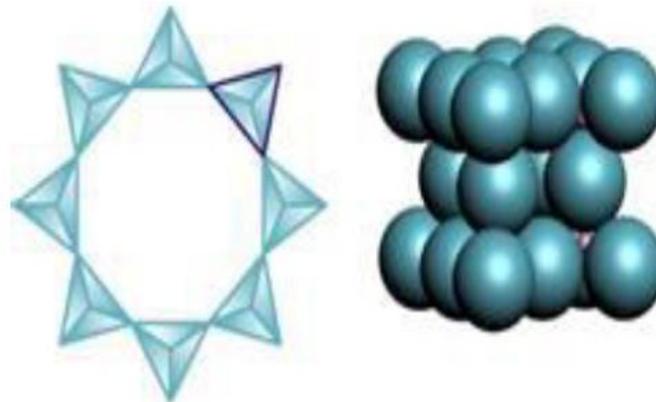
✓ Cuarzo

Pertenece a la clase de los silicatos. Los cristales completos de cuarzo tienen un corte hexagonal con terminaciones en punta. Se asocian tres conjuntos de ejes con un cristal: óptico, eléctrico y mecánico. El eje longitudinal que une las puntas al final de los cristales se llama el eje Z u óptico. El eje X o eléctrico, pasa diagonalmente a través de las esquinas opuestas del hexágono. El eje que es perpendicular a las caras del cristal es el eje Y o mecánico. Si se corta del cristal una sección delgada y plana de tal forma que los lados planos sean perpendiculares a un eje eléctrico, los esfuerzos mecánicos a lo largo del eje Y producirán cargas eléctricas en los lados planos. Como la fuerza mecánica de deformación cambia de la compresión a la tensión, y viceversa, se invierte la polaridad de la carga. De forma contraria, si una carga eléctrica alterna se coloca en los lados planos, se produce una vibración mecánica a lo largo del eje Y. También se presenta cuando aplican fuerzas mecánicas a lo largo de las caras de un cristal cortado con lados planos perpendiculares al eje Y. Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016).

✓ Turmalina

La estructura de la turmalina está formada por anillos de tetraedros enlazados, con una relación Si: O 1:3, que da lugar a una configuración cíclica cerrada Si_6O_{18} . La turmalina pertenece a la clase de los silicatos/ciclo silicatos. Cristalizan en el sistema trigonal, suelen tener aspecto columnar alargado con un estirado vertical característico en las caras del prisma y con formas de triángulos esféricos en las secciones transversales. Los cristales de turmalina adquieren polaridad al ser sometidos, al igual que el cristal de cuarzo, a tensiones y compresiones mecánicas.

Figura 2. Estructura de Ciclosilicatos. Turmalina (Si_6O_{18}).



Fuente: Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016), diseño en implementación de un generador piezoeléctrico baldosa, para alimentar un sistema de iluminación de baja potencia.

✓ Sal de Rochelle

Es una sal soluble en agua y ligeramente soluble en alcohol que posee la propiedad de la doble refracción. Es llamada la sal de Pierre Seignette, nombre de un farmacéutico de la Rochelle que la sintetizó en 1675. Cristaliza las primas con forma de rombo y su composición es $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016).

• SINTÉTICOS

Cuando se habla de los materiales piezoeléctricos sintéticos o artificiales, se hace referencia a aquellos, particularmente cerámicos y polímero, que en condiciones naturales no ostentan dicha propiedad; pero que son capaces de presentarla bajo la influencia de agentes externos. Las cerámicas piezoeléctricas son cuerpos macizos semejantes a los utilizados en aislantes eléctricos; son constituidas de innumerables cristales ferro-eléctricos microscópicos, siendo inclusive denominadas como policristalinas. En la actualidad el grupo dominante de

materiales piezoeléctricos es el de los materiales consistentes en cristalitas con la estructura del perovskita. Los ejemplos más representativos de los piezoeléctricos cerámicos son el Titanato de Plomo, Titanato de Bario, Titanato Zirconato de Plomo y Lantano y el Niobato de Plomo y Magnesio. Además del grupo de los cristales y cerámicos, sintéticos, piezoeléctricos, se adhiere un tercer grupo que presenta la misma serie de propiedades piezoeléctricas, se trata del grupo de los polímeros. Los únicos polímeros piezoeléctricos existentes en el mercado son el Difluoruro de Polivinilo (PVDF) y sus copolímeros con Trifluoroetileno y Tetratrufluoroetileno. Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016).

Las cerámicas tipo PZT, formadas por cristales ferroeléctricos presentan una simetría tetragonal, romboédrica o cúbica simple, dependiendo de la temperatura en que el material se encuentra. Bajo una temperatura crítica, conocida como temperatura de Curie, la estructura Perovskita, que componen los cristales ferroeléctricos, presenta la simetría tetragonal donde el centro de simetría de las cargas eléctricas positivas no coincide con el centro de simetría de las cargas negativas, dando origen a un dipolo eléctrico. La existencia del dipolo provoca que la estructura cristalina se deforme en presencia de un campo eléctrico generándose un desplazamiento eléctrico cuando es sometida a una deformación mecánica, lo que caracteriza a los efectos piezoeléctricos inverso y directo respectivamente. (Pérez & Velázquez 2016).

✓ **Constantes que rigen las Propiedades de la Cerámica Piezoeléctrica**

En sólidos ordinarios, el desplazamiento eléctrico puede ser considerado una función exclusiva del vector campo eléctrico “E” (N/C) y de las constantes dieléctricas (ϵ). La deformación mecánica “S” (m), una función exclusiva de las tensiones mecánicas “T” (N) y las constantes elásticas (s). Dado a que la cerámica es un sólido, se encuentra regida por la descripción anterior. Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016).

✓ **Coefficientes de acoplamiento K**

Definidos como el rendimiento del material al absorber la energía eléctrica suministrada por la fuente de excitación.

✓ **Constantes Piezoeléctrica d**

Las constantes piezoeléctricas establecen una proporcionalidad entre la generación de cargas y la tensión mecánica aplicada (Efecto Piezoeléctrico directo) y entre la deformación y el campo eléctrico aplicado (Efecto Piezoeléctrico inverso). En las ecuaciones 1.1 y 1.2 tenemos la definición diferencial de las constantes “d” a temperatura y campo eléctrico constante.

$$d_{nij} \Theta = \left[\frac{\partial D_n}{\partial T_{ij}} \right]_{E, \Theta} \quad (\text{C/N}) \quad (1.1)$$

$$d_{nij} \Theta = \left[\frac{\partial S_{ij}}{\partial E_n} \right]_{T, \Theta} \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{V}} \right) \quad (1.2)$$

Dónde:

d_{nij} = Es la constante piezoeléctrica.

∂D_n = Generación de cargas.

∂T_{ij} = Tensión mecánica aplicada. (N)

∂S_{ij} = Deformación. (m)

∂E_n = Campo eléctrico aplicado (N/C)

Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016)

✓ **Constantes dieléctricas K**

Establecen una proporcionalidad entre el deslizamiento eléctrico y el campo eléctrico aplicado. Las constantes dieléctricas son importantes porque determinan la capacitancia de la cerámica piezoeléctrica. En la ecuación 1.3 podemos verla definición diferencial de la permisividad dieléctrica, de la temperatura y campo eléctrico constante, siendo $K=e/e_0$.

$$\epsilon_{mn} T, \Theta = \left[\frac{\partial D_n}{\partial E_m} \right]_{T, \Theta} \quad (\text{C}^2/\text{Nm}^2) \quad (1.3)$$

Dónde:

ϵ_{mn} = Permisividad.

∂D_n = Generación de cargas.

∂E_m = Campo eléctrico.

Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016)

✓ **Constantes piezoeléctricas g**

Definidas como la razón entre las constantes d y ϵ , correlacionan la respuesta en tensión eléctrica del material a una tensión mecánica aplicada (de dimensión Vm/N).

Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016)

✓ **Constantes elásticas s**

Establecen una proporcionalidad entre la deformación y la tensión aplicada. Son las “constantes de muelle” del material. En la ecuación 1.4, se definen las constantes elásticas, con las cuales se puede calcular la velocidad de propagación de las ondas acústicas en el material piezoeléctrico en cualquier dirección y polaridad, así como estimar las variaciones dimensionales en función de presiones estáticas.

$$S_{ijkl} E, \Theta = \left[\frac{\partial S_{ij}}{\partial T_{kl}} \right]_{E, \Theta} \quad (m) \quad (1.4)$$

Dónde:

S_{ijkl} = Constantes elásticas (m)

∂S_{ij} = Deformación. (m)

∂T_{kl} = Tensiones mecánicas. (m)

Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016)

✓ **Constantes de Frecuencia N**

En geometría, en la que tenemos un modo de vibración desacoplado, la constante de frecuencia se define como el producto de la frecuencia de resonancia por la dimensión en cuestión, pudiendo ser la última el largo, diámetro o espesura. A partir de la constante de frecuencia se estima la frecuencia de resonancia para la misma geometría con dimensiones diferentes. Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016).

✓ **Factor de calidad mecánico Qm y Factor de disipación dieléctrico tan**

Constantes que determinan cuáles serán las pérdidas de energía del proceso de transducción. Es a partir de estos factores que se determina si el material es adecuado para aplicaciones de potencia tales como los sistemas de limpieza por ultrasonido. Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016).

✓ **Temperatura de Curie**

Es la temperatura crítica donde la estructura cristalina del material sufre las transiciones de fase de la simetría tetragonal para la cúbica. Es decir, la pérdida de propiedades piezoeléctricas macroscópicas. Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016).

✓ **Límite de tracción dinámico**

Es el límite máximo de tracción a que el material puede ser sometido dinámicamente sin romperse. (González, Cesari, & Vicioli, 2009).

✓ **Tasa de envejecimiento**

Es la tasa con que las propiedades piezoeléctricas del material se alteran con el tiempo a medida que la orientación de los dominios de dipolos, creada por el proceso de polarización, desaparece (González, Cesari, & Vicioli, 2009).

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GENERADOR PIEZOELÉCTRICO

Impulso Mecánico

El desarrollo de un generador piezoeléctrico busca transformar la energía mecánica en energía eléctrica a partir de las pisadas de un individuo. El generador consta de una serie de baldosas piezoeléctricas que buscan remplazar las baldosas inertes existentes. La notable diferencia radica en que tienen la capacidad de generar energía eléctrica mediante la deformación mecánica de un grupo de discos piezoeléctricos. La implementación de una tecnología de transformación de energía, basada en el efecto piezoeléctrico, en lugares de alto tráfico peatonal, comprende y acarrea consigo una serie de factores que deben ser considerados cuando se plantea dicha transformación sea propiciada o inducida mediante la fuerza obtenida a partir de la pisada humana. Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016).

Método de Generación de Energía a Través de Caminar.

Se vislumbra claro que la simple acción de caminar, es capaz de liberar y ejercer, en la superficie de contacto una fuerza mecánica, que, de ser concentrada, se expondría como una fuente de energía basta, capaz de accionar, como en la mayoría de los generadores actuales, algún mecanismo de generación. El generador de una central hidroeléctrica es impulsado mediante la fuerza concentrada de un flujo de agua; un generador de una central hidroeléctrica es estimulado por la fuerza obtenida del vapor; el generador dispuesto en torres de captación de energía eólica adquiere su impulso mecánico inicial por la acción de la fuerza del viento sobre los alabes. Ahora; ¿Por qué no accionar algún generador mediante la fuerza mecánica de la pisada humana? La idea de generación de energía a partir de la pisada humana; conlleva un estudio de la misma, es decir, cuánta energía mecánica se es posible obtener de ella.

Con base en estas preguntas, se retoma un estudio enfocado a dichos criterios. El “Human-Powered wearable computing”, un estudio realizado por T. Starner revela que se pueden obtener hasta 67 Watt de potencia a partir de un golpe de talón durante una caminata. Esa cantidad de potencia puede ser provista por una persona con un peso aproximado de 68 Kg. Las constancias de la caminata son equivalentes a hacer 2 pasos/segundo, con el talón moviéndose 5 cm. Lo anterior se refleja en la siguiente ecuación (Pérez & Velázquez, 2016).

$$(68 \text{ g}) (9.8 \text{ m/s}^2)(0.05\text{m}) \left(\frac{2 \text{ pasos}}{\text{segundo}}\right) = 67 \text{ watt (W) (1.5)}$$

2.2. MARCO HISTÓRICO

El panorama de los piezoelectricos ha sido un tema recurrente en la búsqueda de la generación de energías sostenibles. La piezoelectricidad fue descubierta en 1880 por Jacques y Pierre Curie. Los hermanos Curie descubrieron que cuando se aplicaba una tensión a ciertos cristales como la turmalina, el cuarzo, el topacio y la sal Rochelle, aparecía una carga eléctrica, y el voltaje era proporcional a la tensión (Fundación Española Para la Ciencia y la Tecnología, 2010); los hermanos Curie (Pierre y Jacques curie) descubrieron el efecto piezoelectrico directamente en el cuarzo monocristalino en 1880, bajo presión, el cuarzo generaba una carga eléctrica. El origen de la palabra “piezo” significa “presión” en griego; de ahí que el significado original de la palabra piezoelectricidad implique “presión eléctrica”. Los materiales que muestran este fenómeno también tienen una deformación geométrica proporcional a un campo eléctrico aplicado conocido como “piezoelectrico inverso” descubierto por Gabriel Lippmann en 1881 (K.Uchino, 2017).

Fue en el 2006 cuando la empresa JR East empezó la primera fase y decidió emplear e instalar los piezoelectricos en el piso de las registradoras de la estación Marunouchi del metro de Tokio, para el 2008 se llevó a cabo la segunda fase con la instalación del sistema en la estación de Yaesu de Tokio con la diferencia que en la segunda fase se instalaron los dispositivos en las escaleras para tener un mayor campo de acción (Cardozo Gutierrez & Tamayo Zapata, s.f.).

De los últimos acontecimientos que se tiene registro sobre la tecnología a nivel de Latinoamérica, se halla en el 2012 cuando en la ciudad de Medellín se hace la instalación de este sistema en un tramo vial cerca de un centro comercial, la última invención se dio en el 2014 cuando estudiantes de la universidad Nacional con sede en Medellín, deciden instalar piezoeléctricos en la suela de los zapatos (Orozco, 2014).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

La energía es un concepto complejo de definir, pero muy útil, lo utilizan casi todas las ciencias y es parte del vocabulario. La energía se manifiesta de diferentes formas que pueden intercambiarse: mecánica, calorífica, eléctrica, química, magnética, nuclear; y se transforman unas con otras, y en el proceso la energía se conserva (Sanchez, Trigueros, & Tagüeña, 1999). La energía del Sol es un motor que pone en marcha el proceso vital y provee a los organismos vivos de alimentos y calor. De la misma manera los humanos necesitan de energía suplementaria a la de los alimentos, para así poder realizar las actividades cotidianas. La energía eléctrica, es una de ellas, se utiliza en el hogar, las industrias, en proceso de transporte, el poder disponer de energía eléctrica permite transformarla en trabajo. (IBERDROLA, 2002).

El consumo energético se puede apreciar desde el inicio de la Revolución Industrial en los siglos XVIII y XIX, cuando se empezaron a utilizar maquinarias que funcionaban a través de vapor, por la combustión del carbón generando así la producción masiva haciendo a un lado la mano de obra del ser humano, desde entonces se inician los procesos de explotación de recursos naturales para la generación de energía eléctrica; debido a que la producción en masa no era tan alta no se corría el riesgo de que los recursos naturales se agotaran; ya en la época moderna donde el mundo lleva una vida tan acelerada y en donde cada día se necesita la energía eléctrica para cumplir con las cadenas a gran escala de producción se hacen agotables las fuentes generadoras de energía. Revista Latín Clima, Energía verde e inclusiva (2019).

Las **energías convencionales** o no renovables son aquellas que existen en cantidades limitadas en la naturaleza y que son fuente limitadas en el mundo, como lo son el carbon, el gas, el petroleo y el uranio, que son recursos que a través de proceso de combustión se transforman en energía eléctrica; trayendo consigo innumerables impactos ambientales al planeta y a los seres vivos; los diferentes impactos ambientales que generan las energías no renovables se encuentran; el agotamiento de recursos naturales limitados, afectando así las reservas para las generaciones futuras; la contaminación al aire que a través del proceso de combustión del carbon, petroleo y el gas liberan gases contaminantes a la atmosfera (dióxido de carbono, óxido de azufre y nitrógeno, metano, monóxido de carbono, metales pesados, partículas en suspensión y clorofluorocarbonos) que se liberan durante el proceso de transporte y consumo. Flores (2006).

En la actualidad se han buscado alternativas para la generación de energías eléctricas, a través de fuentes y/o recursos naturales que no sean limitados buscando así disminuir la explotación de hidrocarburos para la generar energía eléctrica menos contaminantes; las **Energías Renovables** son aquellos recursos

que producen energía eléctrica de manera continua y que son inagotables a escala humana, además son fuentes de abastecimiento energético amigables con el ambiente, en la actualidad existen muchas fuentes de energía eléctrica, la cual depende del recurso natural utilizado; agua (Hidroeléctrica), Sol (Energía Solar), Aire (Energía Eólica), materia orgánica (Energía por Biomasa) y se busca la manera de generar energía a través de energía cinética y mecánica por medio de pisadas sobre plataformas hechas a base de cuarzo denominado **Piezolectricidad**, es una propiedad que poseen sustancias no conductoras cristalinas de generar cargas eléctricas de signos contrario cuando se deforman. Grupo Acciona (2018), Energías Renovables.

Para el desarrollo de esta propuesta, el impacto sobre el medio ambiente es un factor fundamental. La generación de energía convencional reduce la calidad de vida del ser humano y las futuras generaciones, razón por la cual muchos países del mundo han optado por adquirir compromisos para encontrar formas que permitan implantar nuevas tecnologías capaces de producir energía sin comprometer los recursos naturales (Tamayo & Cardozo, 2017). Los elementos piezoeléctricos se han convertido en una buena opción, debido a sus características físicas mediante la cual un cristal como el cuarzo se puede apretar u oprimir y generar cargas eléctricas, las cuales pueden ser almacenadas en baterías y distribuidas para diferentes usos, convirtiéndose en una fuente de generación de energía eléctrica esperanzadora y amable con el medio ambiente.

Los piezoeléctricos con las demás tecnologías de producción de energía renovable como la solar y la eólica, la de los piezoeléctricos sobresale, ya que se estima que los costos de implementación y la recuperación de la inversión son menores, otra de las grandes ventajas con la que cuenta esta tecnología es que se puede implementar en cualquier zona siempre esta cumpla con unos requisitos mínimos de tráfico de vehículos, sin que sea limitada por el clima o la zona geográfica como si lo hacen las demás tecnologías como la solar y la eólica (Tamayo & Cardozo, 2017).

APLICACIONES DE LOS MATERIALES PIEZOELÉCTRICOS

La conversión eficiente de energía mecánica en energía eléctrica, utilizando materiales piezoeléctricos es de considerable importancia en las aplicaciones y estos materiales tienen un gran campo de aplicación, desde la primera utilización dichos materiales han producido grandes avances tecnológicos en diversos sectores como lo son las industrias, la medicina, la electrónica incluso en la vida diaria. Tienen un gran interés debido a las aplicaciones potenciales en muchas áreas. En óptica los materiales piezoeléctricos son usados para la estabilización de imagen, microscopia electrónica, sistemas de auto enfoque, alineación y conexión de fibra de vidrio. En el sector de la ingeniería mecánica se utilizan piezoactuadores

para la cancelación de vibración, herramientas de posicionamiento, abrazaderas, cuñas, amortiguación, generación de vibraciones sónicas o ultrasónicas. Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016)

El uso de sensores piezoeléctricos toma cada día más importancia en la industria automotriz. Actualmente, los sensores de retroceso (reversa) ayudan en las acciones de maniobra y estacionamiento; los giroscopios registran movimientos críticos del vehículo y activa modernos sistemas de estabilización. Los sensores piezocerámicos de golpe han tenido gran éxito en la industria automotriz. Los sensores permiten monitorear sensiblemente la vibración del motor e informar del cambio más mínimo.

El uso de inyectores de combustible de los motores de combustión interna en el sector de automotriz permite controlar con una enorme precisión los tiempos de inyección y la cantidad de combustible que se introduce en el motor, lo que redundará en mejoras en el consumo, prestaciones y rendimientos de los motores. Otro caso de sensores en el sector automotriz es el de sensores de presión de frenado, tienen como misión suministrar valores de medición para el cálculo de las fuerzas de frenado. En la industria normalmente se emplean los sensores piezoeléctricos para la medición de presión de centrales hidráulicas, bastidores, tanques de gas. Otras aplicaciones en la industria son:

- Filtros de Ondas. Limitan la frecuencia de operación de las redes eléctricas.
- Hidrófonos. Las cerámicas piezoeléctricas tienen la propiedad de recepción de ondas sonoras en agua u otros líquidos con propiedades similares.
- Micrófonos ultrasónicos. La recepción de ondas de ultrasonido los hace importantes en la fabricación de diversos equipos, por ejemplo, controles remotos de equipamientos electrodomésticos.

Dentro del campo de la industria aeroespacial podemos encontrar los siguientes usos de materiales piezoeléctricos:

- Sensores de nivel de líquido, como sistemas de combustible.
- Sensores de proximidad.
- Contadores.
- Sistema de captación de energía.
- Componentes de manejo activo de vibraciones.
- Accionamiento.
- Transductores de flujo ultrasónicos.
- Sistemas de orientación giroscopio.

Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016)

Una de las aplicaciones más difundidas de cristales piezoeléctricos son los encendedores electrónicos. En el interior llevan unos cristales piezoeléctricos que al ser golpeado de forma brusca por el mecanismo de encendido provoca una elevada concentración de carga eléctrica, capaz de crear un arco voltaico o chispa que encenderá el mechero. Otras de las importantes aplicaciones de un cristal piezoeléctrico es la utilización como sensor de vibración. Cada una de las variaciones de presión producidas por la vibración, provoca un pulso de corriente proporcional a la fuerza ejercida. Se ha convertido de una forma fácil una vibración mecánica en una señal eléctrica lista para amplificar. Basta con conectar un cable eléctrico a cada una de las caras del cristal y enviar señal hacia un amplificador. Los componentes piezocerámicos son ampliamente usados en el sector de la medicina, se emplean en equipos para el diagnóstico de imagen y monitoreo de la frecuencia cardiaca a nivel fetal. También se han insertado transductores en miniatura en los vasos sanguíneos para registrar cambios periódicos en los latidos del corazón del paciente. Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016)

Otras aplicaciones médicas que emplean la tecnología piezocerámicos en la medicina son:

- Marcapasos: Tenían un dispositivo piezoeléctrico pegado al interior del casco del marcapasos para sentir la presión del corazón.
- Catéter: Los dispositivos piezoeléctricos en el extremo del catéter que alimenta a la arteria para quitar bloqueos.
- Prótesis de oído: Como sensor o micrófono.

Los materiales piezoeléctricos se pueden encontrar en componentes tan simples como un encendedor de cocina, en donde, al accionarlo, se aplica una gran presión mecánica en la terminal de un cilindro piezoeléctrico de cerámica pre tensionada, ajustado en este mecanismo. La carga de presión genera valores de tensión y el voltaje genera una o varias chispas en el encendedor, las cuales encienden una mezcla de gas-aire. Las aplicaciones más aplicadas en la actualidad son las siguientes. Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016)

✓ **Sonares**

“Sound Navigation and Ranging”, mejor conocido como SONAR por las iniciales, es un equipo tecnológico cuyo objetivo es encontrar objetos en el agua. Tienen un comportamiento similar al de un radar, pero en un medio marino.

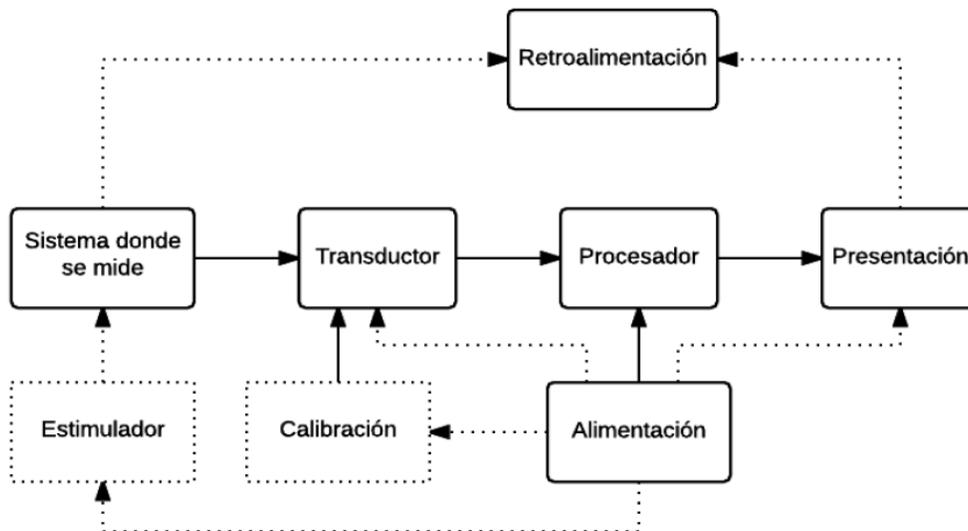
Por medio de un transductor Piezoeléctrico que se encarga de transformar una señal eléctrica en sonido enviándola al mar y el sonido recibido lo transforma en una señal eléctrica. La etapa de registro permite el almacenamiento de la señal adquirida, el registro se logra empleando hidrófonos, que generalmente utilizan

cerámicos piezoeléctricos tales como el PZT (Titanato Zirconato de Plomo) y el PVDF (Polivinilo Fluorido). Gómez (2018).

✓ Transductores

Se le denomina transductor a todo dispositivo que convierte una señal de una forma física en otra señal correspondiente de forma física distinta. El transductor en toda cadena o sistema de medición es el primer elemento, las características del transductor determinaran en parte las del sistema en general. Gracias al tamaño tan pequeño y el bajo costo los transductores piezoeléctricos, han encontrado infinidad de aplicaciones en medicina contribuyen con grandes aportes, como la obtención de imágenes del interior del cuerpo humano, en el sector de la electrónica la gama es infinita desde resonadores, micrófonos, hasta actuadores con resoluciones de nanómetros, también permite la detección y análisis de fallas sin necesidad de interrumpir el servicio de los equipos. De las principales ventajas con las que cuentan los transductores piezoeléctricos son la alta sensibilidad. Por la alta rigidez mecánica hacen posible medir fenómenos de frecuencia elevada. Los transductores presentan también sensibilidad direccional, lo que hace posible emplearlos al a medida de movimientos complejos (Gómez, 2018).

Figura 3. Estructura general de un sistema de medida



Fuente: Pérez & Velázquez, 2016

✓ Sensores

Un sensor es un dispositivo que produce una señal en respuesta a la detección o medida de una propiedad como posición, fuerza, presión, temperatura, humedad,

velocidad, aceleración o vibración. Los sensores, los actuadores y los interruptores se han usado para establecer límites de funcionamiento de las máquinas. Los sensores piezoeléctricos basan su funcionamiento en la fuerza o presión aplicada a una sustancia compuesta por cristales polarizados. Al ejercer presión sobre el cristal, éste se deforma produciendo una descarga eléctrica. Aquí una lista de las principales ventajas y desventajas del sensor:

Ventajas

- Alta sensibilidad y bajo costo.
- Alta rigidez mecánica, aptas para medir esfuerzos variables (Fuerza- Presión).

Desventajas

- No poseen respuesta en c.c.
- Deben trabajar por debajo de la frecuencia de resonancia del material.
- Los coeficientes piezoeléctricos son sensibles a la temperatura. (Cuarzo hasta 260°C y la turmalina 700°C).
- La impedancia de salida de los materiales piezoeléctricos es muy baja.

Gómez (2018)

✓ Actuadores

Los actuadores son elementos de acoplamiento entre el procesamiento eléctrico de la señal (procesamiento de la información) y el proceso (la mecánica). Transforman las señales de poca energía portantes de la información del lugar de medición, en la forma de energía requerida para invertir en el proceso mediante señales con carga (Jiménez, 1995).

Energías renovables

El consumo de energía es necesario para el desarrollo económico y social, por eso se hace necesario estudiar y conocer fuentes energéticas diferentes a las tradicionales, debido al bajo impacto ambiental que generan al ambiente.

- Las energías no renovables se van agotando al pasar los años
- Producen impactos negativos al medio ambiente
- No es un asegurador de abastecimiento energético desde el exterior

Las energías renovables proceden del sol, del viento, del agua de los ríos o mares, del interior de la tierra, y de los residuos. En actualidad se generan energía eléctrica a través de recursos naturales agotables al pasar el tiempo (carbón, petróleo y gas

natural) cuyo consumo actual es cada vez más elevado provocando así el agotamiento de los recursos y generando graves problemas ambientales (SOLVENTA, 2010).

2.4. MARCO LEGAL

Plan energético Nacional: Desarrollado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) tiene como objetivo central “maximizar la contribución del sector energético al desarrollo sostenible de Colombia, y como objetivos específicos: 1. Asegurar la disponibilidad y el pleno abastecimiento de los recursos energéticos para atender la demanda nacional y garantizar la sostenibilidad del sector energético en el largo plazo. 2. Consolidar la integración energética regional. 3. Consolidar esquemas de competencia en los mercados. 4. Formación de precios de mercado de los energéticos que aseguren competitividad. 5. Maximizar cobertura con desarrollo local. Se analizan adicionalmente cinco aspectos, que por su importancia son fundamentales para alcanzar los objetivos planteados: I) las fuentes no convencionales y el uso racional de la energía, II) el medio ambiente y la salud pública, III) la ciencia y la tecnología, IV) el marco institucional y normativo, V) la información, la promoción y la capacitación.”

Leyes 142 y 143 de 1994, La Constitución Política de 1991 establece el derecho de los servicios públicos domiciliarios y la prestación eficiente por parte de las empresas públicas y privadas que los suministran. En el año 1994 se publica la Ley 142 sobre los servicios públicos domiciliarios y la Ley 143 que hace alusión específicamente al servicio eléctrico; establece la generación, distribución y comercialización a nivel nacional. Dentro de la Ley solo el artículo segundo hace alusión a las fuentes no convencionales y le deja al Ministerio de Minas y Energía dar las pautas para el desarrollo de las fuentes de generación de energía no convencionales.

LEY 697 DEL 3 DE OCTUBRE DE 2001, Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. Art 1: Declárase el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.

Ley 812 de 2003. Artículo 118, La cual consagra un fondo de energía social proveniente de las exportaciones de energía eléctrica a los países de la Comunidad

Andina; dichos ingresos ayudan a cubrir hasta \$40 por kilovatio hora el valor de la energía eléctrica que llega a usuarios de áreas rurales de difícil acceso.

Ley 1715 del 13 de mayo del 2014, Regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Como finalidad de la ley se estableció el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, todo encaminado al fomento de la inversión, investigación y desarrollo de las tecnologías limpias para producción de energía, las anteriores acciones tienen orientado realizar una gestión eficiente de la energía y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

2.5. **NORMAS TÉCNICAS**

GTC 114. La guía tiene en cuenta las características técnicas en la selección, instalación, operación y mantenimiento de la energía fotovoltaica, energía utilizada para la población rural dispersa en Colombia. Esta guía técnica colombiana establece directrices sobre las especificaciones y características técnicas que se deberían tener en cuenta en el proceso de selección, instalación, operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos (SFV) que se emplean en la energización rural dispersa en Colombia y los servicios que deberían proporcionar las empresas proveedoras para garantizar la confiabilidad, seguridad y larga vida de los sistemas por instalar.

NTC 2775. Energía solar fotovoltaica, términos y definiciones. Contiene definiciones referentes a sistemas fotovoltaicos, acordes con la simbología establecida en la norma NTC1736.

NTC 5287. Normas técnicas para las baterías de uso en energía fotovoltaica. Suministra la información necesaria referente a los requisitos de las baterías que se utilizan en los sistemas solares fotovoltaicos y de los métodos de ensayo típicos utilizados para verificar la eficiencia de las baterías.

NTC 2959. Guía para caracterizar las baterías de almacenamiento fotovoltaico. Muestra una metodología para la presentación de la información técnica relacionada con la selección de baterías para el almacenamiento de energía en sistemas fotovoltaicos. Además, se presenta un procedimiento para verificar la capacidad, eficiencia y duración de las baterías de acumulación.

NTC 2883. Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para la aplicación terrestre. Calificación del diseño y aprobación de tipo (26/07/2006). Requisitos establecidos para la calificación del diseño y la aprobación del tipo de módulos fotovoltaicos para la aplicación terrestre y para la operación en largos periodos de tiempo en climas moderados (al aire libre), según lo define la norma IEC 60721-2-1. Y su uso principal es en módulos fotovoltaicos que utilicen tecnologías en silicio cristalino.

NTC 4405. Evaluación de la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos y sus componentes (24/06/1998). Se hace referencia a la metodología para la evaluación de la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos, distribuyéndose en tres etapas: etapa de paneles o módulos, etapa de regulación y etapa de acumulación.

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

A continuación, se describe la metodología empleada en el desarrollo de la investigación:

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo exploratoria informal, ya que se desea estudiar un problema que no está claramente definido, por lo que se lleva a cabo para comprenderlo mejor. Es una técnica muy flexible, comparada con otros tipos de estudio, implica que el investigador esté dispuesto a correr riesgo, ser paciente y receptivo. Es importante mencionar que la investigación exploratoria se encarga de generar hipótesis que impulsen el desarrollo de un estudio más profundo del cual se extraigan resultados y una conclusión (QuestionPro, 2020).

Esta investigación se encuentra apoyada en fuente de datos secundaria que obedece a la recopilación de la información previamente publicada como casos de estudio, revistas, periódicos, artículos, libros, etc.

Investigación en línea: En el mundo de hoy, esta es una de las formas más rápidas de reunir información sobre cualquier tema. Muchos datos se encuentran fácilmente en internet y el investigador puede descargarlos cuando los necesite (QuestionPro, 2020).

Investigación Bibliográfica: La investigación literaria es uno de los métodos más barato utilizados para descubrir una hipótesis. Hay una enorme cantidad de información disponible en bibliotecas, fuentes en línea o incluso en base de datos comerciales. Las fuentes pueden incluir periódicos, revistas, libros de biblioteca, documentos de agencias gubernamentales, informes anuales, literatura, etc. (QuestionPro, 2020).

3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tiene un enfoque cualitativo, cuyo objetivo será la descripción de las cualidades del fenómeno que se estudia, para así comprender la esencia a través del análisis de la información. No se trata de probar o medir en qué grado una cierta cualidad se encuentra en un cierto acontecimiento dado, si no de descubrir tantas cualidades como sea posible (Mella, 1998), por consiguiente, se emplean técnicas de revisión de sitios web oficiales en el tema, revistas y artículos especializados.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN

Algunas cuestiones de investigación necesitan ser analizadas cualitativamente, ya que los métodos cuantitativos no son aplicables. En muchos casos, se necesita información detallada y observar el comportamiento de una audiencia objetivo, por lo tanto, los resultados necesarios son descriptivos. Los resultados cualitativos de la investigación son más descriptivos que predictivos (Abarca, A., Alpízar, F., Silbaja, G. & Rojas, C., 2013).

El método utilizado en esta investigación, es el estudio de caso, y se usa para encontrar más información a través del análisis cuidadoso de los casos existentes. Es un método para investigar un problema dentro de su contexto de la vida real, generalmente para determinar que producto o servicios son los más rentables o los más demandados (investigación empresarial) o para reunir pruebas empíricas con fines de la investigación.

El investigador tiene que analizar cuidadosamente asegurándose de que los parámetros y variables en el caso existente son los mismos que en el caso que se está investigando. Utilizando los resultados del estudio, se pueden sacar conclusiones con respecto al tema (Dalle, P., Boniolo, P., Sautu, R. & Elbert R., 2005).

La técnica investigativa usada es la documental, ya que se recopila información acudiendo a fuentes previas, como investigaciones ajenas, libros, información en soportes diversos, y emplea instrumentos definidos según dichas fuentes, añadiendo así conocimiento a los ya existente sobre su tema de investigación (Raffino, 2020).

3.4. PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS

A continuación, se presentan las fases metodológicas empleadas para el desarrollo de los objetivos del proyecto:

- ✓ **Fase 1.** Revisión del estado del arte y marcos referenciales.
 - **Actividad 1:** Recolectar información a través de la investigación de antecedentes a nivel nacional e internacional con el propósito de obtener información guía en el desarrollo del proyecto.

- **Actividad 2:** Conocer las diferentes teorías, conceptos y leyes que rigen la investigación con el fin de tener una idea clara para el cálculo y análisis de los resultados del estudio planteado.
- ✓ **Fase 2.** Vigilancia tecnológica a países que utilizan plataformas peatonales piezoeléctricas, estudio de la viabilidad técnica, económica y componentes físicos del generador.
- **Actividad 1:** Aplicar vigilancia tecnológica para encontrar y relacionar los países que se encuentran implementando el sistema de generación de energía eléctrica mediante plataformas piezoeléctricas.
 - **Actividad 2:** Realizar un análisis de la información para generar contenido y construcción de conocimiento respecto a la viabilidad técnica y económica de los sistemas piezoeléctricos para la generación de energía eléctrica.
 - **Actividad 3:** Comprender el funcionamiento del generador piezoeléctrico y el mecanismo de transformación de energía.
- ✓ **Fase 3.** Impacto económico, ambiental, social y de eficiencia energética en la región del Magdalena medio, usando una matriz DOFA a partir de un comparativo entre la energía generada por plataformas piezoeléctricas versus otras fuentes de generación de energía convencionales.
- **Actividad 1:** Conocer los principios de operatividad de las fuentes de generación de energía convencionales.
 - **Actividad 2:** Realizar una matriz DOFA. Energía generada por plataformas piezoeléctricas versus otras fuentes de generación convencionales.

- **Actividad 3:** Determinar el impacto económico, ambiental, social y de eficiencia energética en la región del Magdalena medio.

- ✓ **Fase 4.** Máximo rendimiento energético que se puede lograr con el flujo peatonal en el restaurante Burger King, ubicado en el Centro Comercial Centro Mayor en Bogotá D.C. a través de la proyección de un montaje mecánico y eléctrico de los dispositivos piezoeléctricos.
 - **Actividad 1:** Proyectar y caracterizar el montaje óptimo con dispositivos piezoeléctricos para lograr el máximo rendimiento energético.
 - **Actividad 2:** Conocer las instalaciones del restaurante Burger King Centro Mayor, y el promedio diario de clientes que lo visitan.
 - **Actividad 3:** Determinar mediante cálculos el máximo rendimiento energético teniendo en cuenta el montaje proyectado.

- ✓ **Fase 5.** Realizar un informe técnico/ejecutivo de acuerdo a los resultados obtenidos de la investigación.
 - **Actividad 1:** Conocer las instalaciones y el promedio diario de clientes que visitan el restaurante Burger King Centro Mayor.
 - **Actividad 2:** Diseñar y caracterizar el montaje mecánico y eléctrico de los dispositivos piezoeléctricos y cada uno de los elementos electrónicos que lo conforman.
 - **Actividad 3:** Determinar el mayor rendimiento energético que puede obtenerse con el montaje piezoeléctrico respecto al flujo peatonal en las instalaciones del restaurante Burger King Centro Mayor.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

A continuación, se detalla cada una de las fases realizadas para el cumplimiento y desarrollo de los objetivos de esta investigación:

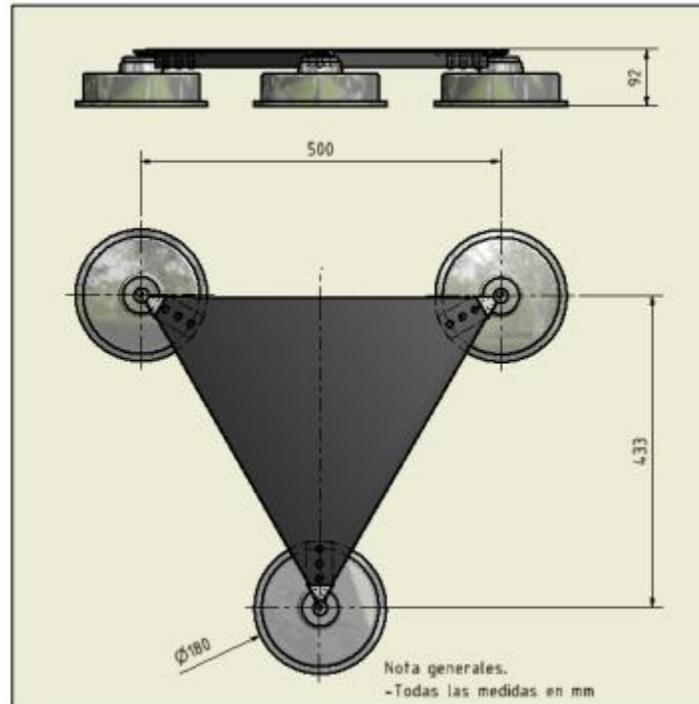
4.1. VIGILANCIA TECNOLÓGICA A PAÍSES QUE UTILIZAN PLATAFORMAS PIEZOELÉCTRICAS COMO GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

4.1.1. UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA, SEDE VIÑA DEL MAR, CHILE.

Estudiantes de la universidad Técnica Federico Santa María, instalan baldosas piezoeléctricas en busca de generar energía limpia y crear conciencia en la comunidad universitaria acerca del uso de energías renovables. Las baldosas se instalan en un pasillo de aproximadamente unos 10 metros que es el recorrido que una persona realizará para llegar a las multicanchas de la universidad y la energía generada es utilizada para iluminación de la multicanchas N°2, de medidas de $22*34 m^2$ con el objetivo de poder iluminar toda la cancha. Inicialmente la multicancha N°2 cuenta con 8 focos de alta intensidad de descarga, son luces tipo Metalarc (también conocido como halógenos metálicos o aditivos metálicos), marca Philips modelo BVP161 de alto rendimiento y diseñados especialmente para iluminación deportiva al aire libre con un consumo de 1500W, los cuales son reemplazados con 4 bombillas LED, ya que son elementos que permiten generar una gran cantidad de luminosidad con un menor consumo de energía eléctrica (30 Watts). La energía generada por las baldosas piezoeléctricas es almacenada en baterías para posteriormente alimentar el juego de luces led (Ojeda, 2019).

Esta baldosa posee una forma triangular lo cual le permite acoplarse con otras de distintas formas geométricas, una baldosa está compuesta por un mosaico triangular equilátero, el cual posee 500mm en cada uno de sus lados, mientras los generadores poseen un diámetro de 180 mm y una altura de 92 mm (ver figura 4) (Ojeda, 2019).

Figura 4. Medidas generales de la baldosa V3



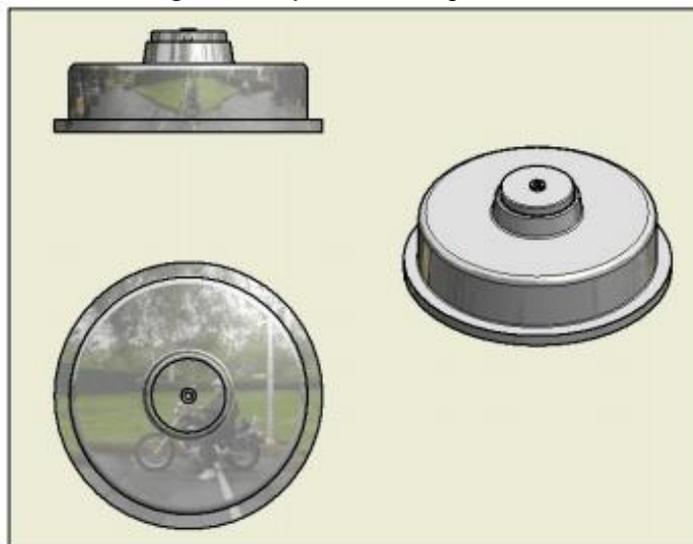
Fuente: Ojeda, E. O. (2019), diseño de instalación de baldosas piezoeléctricas para iluminar multicancha en la sede viña del mar.

En el instante en que una persona pisa una baldosa, esta se mueve de manera vertical de 5 a 10 mm. Esta presión crea una rotación sobre los generadores electromagnéticos que se sientan debajo de la superficie superior de los azulejos. La energía cinética es transformada en energía eléctrica a un promedio de 3-5 Julios por paso, lo cual puede ser usado de manera inmediata para aplicaciones menores como por ejemplo iluminación, o para almacenamiento de baterías para su posterior uso (Ojeda, 2019).

Las baldosas Pavegen V3 poseen distintos componentes, tal como se especifica a continuación:

- Alojamiento del generador: es el encargado de recibir la energía eléctrica producida por la pisada, es fabricada casi en su totalidad de aluminio y su tecnología es desconocida, pero se sabe que es capaz de transformar la energía cinética en energía eléctrica.

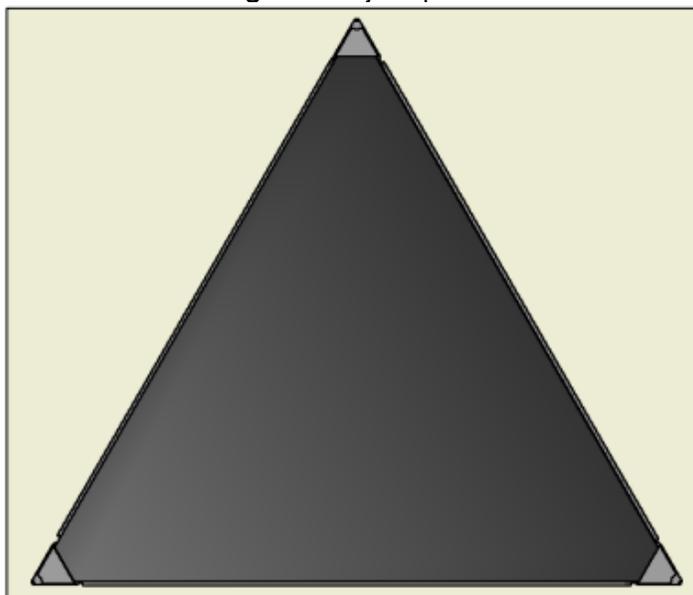
Figura 5. Alojamiento del generador



Fuente: Ojeda, E. O., 2019

- Puntillas: es la parte que conecta la baldosa de los generadores.
- Hoja superior: está fabricada de goma resistente, es de material para una mejor adherencia con el pie de la persona, posee un espesor de 3mm (ver figura 6).

Figura 6. Hoja superior



Fuente: Ojeda, E. O., 2019

Para abastecer y cumplir con los requerimientos del circuito de carga, partiendo que cada lámpara led debe estar por lo menos 4 horas diarias encendidas, se hace necesario aproximadamente 5000 pasos diarios dentro el pasillo de 10 metros.

La realización de este proyecto requiere de un elevado costo, debido al alto precio que se debe pagar por baldosas y por su exportación, convirtiéndolas en una pieza difícil de adquirir para todos, por lo que se debería abaratar su valor y mejorar su eficiencia para hacer posible su implementación a gran escala en un futuro.

4.1.2. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA.

Se hace la implementación de un sistema que busca recolectar la energía cinética producida por la compresión que ejerce una persona al momento de dar un paso sobre ella, obteniendo de esta manera la compresión de los materiales piezoeléctricos por los que está constituida la baldosa, la energía almacenada se aplicara a una carga de 5 lámparas de alumbrado público de 40W cada una (Soria, 2019).

Este sistema será capaz de almacenar la energía recolectada durante todo el día para un uso posterior que se dará durante la noche, y debido al gran flujo de estudiantes que entran y salen de la universidad se espera que las baldosas sean capaces de generar la suficiente energía eléctrica, para mantener las lámparas led encendidas durante el tiempo que se requiera. El sistema constará con un total de 10 baldosas piezoeléctricas puesta estratégicamente en la entrada principal de la universidad. Se instalarán 5 baldosas piezoeléctricas Pavegen, en la entrada de la universidad aprovechando el flujo peatonal proveniente de la calzada Raúl Aguilar Batres y las otras 5 baldosas, en la entada de la universidad aprovechando el flujo peatonal proveniente del anillo periférico, estas 10 baldosas serán capaces de alimentar el juego de 5 lámparas LED de alumbrado público. El principal objetivo es incluir a los estudiantes debido a que es la máxima afluencia que se tendrá, sin embargo, existen otras fuentes como, por ejemplo; personas que laboras dentro de la universidad, personas ajenas a la universidad, que serán de gran ayuda para la generación de energía eléctrica (Soria, 2019).

El funcionamiento de la baldosa piezoeléctrica se basa en reacciones que tienen los cristales (Generador piezoeléctrico), estos contienen moléculas polares como el cuarzo, las tensiones mecánicas aplicadas al generador producidos por las pisadas del ser humano y estas producen la polarización de las moléculas, este fenómeno es conocido como efecto piezoeléctrico. La polarización del cristal cuando se somete a una tensión, esto causa un diferencial de potencial a través del cristal y es utilizado en este caso por la baldosa para producir corriente eléctrica. La

generación de energía eléctrica a partir de esta baldosa se produce por la estructura de los cristales, ciertas cerámicas piezoeléctricas tienen una estructura tetragonal con un átomo en el centro, cuando el cristal es comprimido el átomo que se encuentra en el centro se desplaza, y debido a esto se genera un diferencial de potencial y cargas eléctricas en su superficie que se manifiesta en forma de chispas (Soria, 2019).

El funcionamiento de esta baldosa se basa en la captación de la energía mecánica que recibe al ser pisada por alguna persona, al momento de que la persona pisa la baldosa esta baldosa se hundirá un total de 5mm por pisada. Con este hundimiento se está logrando la compresión de los materiales piezoeléctricos y de esta manera se generará energía eléctrica por medio de reacciones en los cristales de cuarzo o cerámicas piezoeléctricas. La generación de energía eléctrica de las baldosas piezoeléctricas está en función del peso de la persona, una persona de aproximadamente 140 libras en promedio que pise la baldosa generará aproximadamente 5 Watts de potencia, según Pavegen System. Esta energía generada puede ser almacenada en un banco de baterías para su uso posterior o puede ser utilizada instantáneamente, por ejemplo, en sistemas de iluminación de bajo consumo, para iluminación de rótulos que contengan bombillas led, también se puede utilizar para cargar teléfonos móviles. La baldosa Pavegen contiene una luz led en su centro esta consume un 5 % de la energía total producida por la compresión de los materiales piezoeléctricos, el 95% restante de la energía total es la energía aprovechable que irá hacia un sistema de luminarias led que iluminaran pasillos o rótulos, y esta luz que la baldosa contiene en su centro es un indicador de funcionamiento de la baldosa, sin embargo esta luz podría ser removida para tener un total del 100% de energía aprovechable (Soria, 2019).

Figura 7.Eco-Baldosa Piezoeléctrica Pavegen.



Fuente: Ojeda, E. O., 2019

Esta baldosa posee las siguientes especificaciones técnicas:

- Dimensiones 60x45cm.
- Capacidad de generar 5 Watts por pisada.
- Tiempo de uso de 5 años.
- Desplazamiento máximo de la baldosa 5 mm.
- Puede utilizarse tanto en interiores como exteriores.
- Es resistente al agua.
- Fabricado con caucho reciclado y otros materiales reciclado.

La inversión del sistema piezoeléctrico basado en baldosas generadoras de energía eléctrica es muy alta, en base al estudio realizado se logró comprobar la poca generación de energía que se puede lograr con este sistema, aun teniendo un flujo peatonal muy alto esto no fue de gran ayuda debido a la poca generación de cada baldosa, esto significa que el sistema no amerita una inversión para implementar un sistema de este tipo (Soria, 2019).

4.1.3. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, CIUDAD DE MÉXICO, MÉXICO.

Estudiantes del Instituto Politécnico Nacional de la ciudad de México, construyen una baldosa piezoeléctrica para la generación de energía eléctrica, partiendo de las bases teóricas de generación: Diseño de la baldosa, dimensiones, materiales necesarios, ensamblado de los materiales, conexiones eléctricas de la baldosa y protección mecánica a los elementos piezoeléctricos (Pérez & Velázquez, 2016). Diseñan, crean y prueban un circuito electrónico propio, especialmente diseñado que permite el almacenamiento, a escalas comparativamente masivas, de la energía proveniente de las baldosas, para posteriormente llevarla al uso pretendido; alimentar un sistema de luces led de baja potencia. La instalación del sistema de iluminación se realizó en el edificio 2, cubículo C2102 de la unidad profesional Adolfo López Mateos, ESIME, unidad Zacatenco. El sistema de iluminación es una tira que consta de 300 LED; 12 W a 12 V (Pérez & Velázquez, 2016).

El ensamble total radica en la operación conjunta de todas las partes del generador, La baldosa se encuentra formada por un total de 52 elementos piezoeléctricos, además comprende la elección de la base del asentamiento general, el asentamiento particular para cada uno de los discos piezoeléctricos, la adhesión de éstos a la base, la interconexión de los mismos, así como la protección mecánica que se ostenta en cada uno.

Base. La base de las baldosas, por requerimientos propios del proyecto, debe ser algún material que ostente una alta resistencia mecánica, ya que por cómo se

presentan las baldosas; éstas estarán expuestas a una gran cantidad de deformaciones mecánicas.

Asentamientos individuales. Es el material que se emplea como amortiguador para el disco piezoeléctrico. El disco piezoeléctrico debido a pruebas de resistencia mecánica, no puede quedar directamente adherido a la superficie lisa. Si éste se colocara directamente sobre la base, al aplicarle una carga mecánica, se presentará una fractura directa en el material cerámico. Para evitar esta fractura se antecede un disco de cartón, entre los elementos piezoeléctricos y la base.

Adhesión de los elementos. La adhesión de los discos de cartón a la base, y la adhesión de los elementos piezoeléctricos a los discos de cartón se concretó empleando a los “súper-pegamentos” (Cianoacrilato de metilo). El Cianoacrilato de metilo es una resina que polimeriza en presencia de agua formando largas y fuertes cadenas, que unen las superficies unidas entre sí, por lo que no necesita ni presión ni calor para adherir dos o más objetos entre sí.

Interconexión de los elementos piezoeléctricos. La interconexión de los elementos se realiza en paralelo. Una baldosa consta de un total de 52 elementos piezoeléctricos distribuidos en hilera de 6 y 7 elementos dispuestos aleatoriamente. Los elementos de cada hilera se conectan en paralelo; dejando las terminales de salida libres, dispuestas para una conexión más.

Protección mecánica. Para proteger en su totalidad al elemento piezoeléctrico; este se aísla, de la acción destructiva de la fuerza mecánica, mediante una cobertura, en toda su superficie y puntos de conexión, de pegamento termo fusible. Silicona. La silicona es colocada en doble capa sobre todo los elementos del sugenerador, dejando una cobertura que es capaz de brindar una protección mecánica lo suficientemente grande como para sentir los impactos a los que serán sometidos cada uno de los sub-generadores (Pérez & Velázquez, 2016).

Figura 8.Ensamble de la baldosa

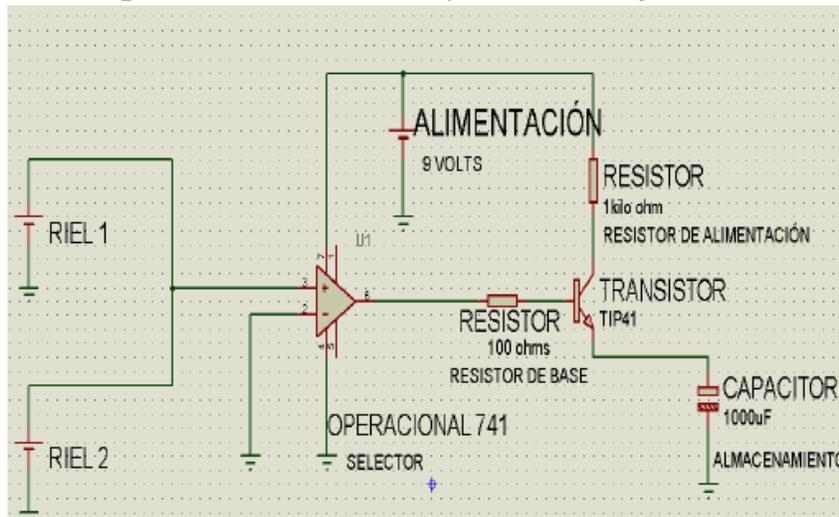


Fuente: Pérez & Velázquez, 2016

Los materiales electrónicos empleados en la elaboración del circuito para transmitir y almacenar la energía obtenida de las baldosas piezoeléctricas son los siguientes:

- Transistor NPN TIP 41C
- Capacitor 1000 uF – 16V
- Amplificador Operacional 741
- Resistencias de 1Kohm y 100 Ohmios

Figura 9. Circuito electrónico para almacenar y transmitir



Fuente: Pérez & Velázquez, 2016

La parte de la generación de energía la compone la baldosa piezoeléctrica, el transistor TIP 41 se encarga de amplificar la señal recibida de la baldosa, la energía en los primeros ensayos se almacena en un capacitor que se encuentran

conectados al emisor del TIP, debido a que los tiempos de carga y descarga del capacitor son muy cortos se sustituye por una batería. Por último, la energía almacenada en la batería será empleada para alimentar la tira led (Pérez & Velázquez, 2016).

La carga de la batería, conforme es deformado el generador, incrementa. Finalmente, tras un tiempo estimado de 2 horas y 42 minutos, la deformación constante aplicada al generador, ha permitido llevar la batería a su nivel máximo de carga, 8.7 Voltios. Este nivel de tensión, dirigido a la alimentación de la tira LED, permite observar la operación máxima de la misma, la batería es capaz de mantener encendido, por un tiempo de 53 minutos, el sistema de iluminación sin interrupciones (Pérez & Velázquez, 2016).

La energía obtenida por el efecto piezoeléctrico puede llegar a ser una fuente alternativa importante en un futuro no muy lejano, debido al crecimiento en la demanda de energía. Los sistemas de generación piezoeléctricos son limpios y confiables, tienen un periodo de vida elevado y no requieren de alguna excitación dirigida como los grandes generadores para activarse, con la simple acción de caminar se logra generar. Utilizar un sistema de generación piezoeléctrico puede ayudar a reducir el costo por los servicios de energía. Los costos del proyecto son altos, asumiendo los elevados precios de elaboración e instalación de la baldosa, lo que sugiere tomarse el tiempo para buscar otra alternativa en los materiales y tratar de reducir los costos para hacer, más llamativo la inversión en este sistema (Pérez & Velázquez, 2016).

4.1.4. UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, LAMBAYEQUE, PERÚ.

Un estudiante desarrolla un proyecto, que propone la aplicación de la tecnología piezoeléctrica para aprovechar la energía mecánica producida por las personas al dar pisadas cuando están bailando en la pista de baile de la discoteca LA CAYET, para posteriormente utilizar dicha energía generada, en la iluminación del local con tecnología LED y así reducir el consumo de energía eléctrica convencional. El proyecto se desarrolla en la discoteca LA CAYET, debido a que es un centro de esparcimiento donde se puede captar gran cantidad de energía mecánica, ya que las personas que asisten a estos lugares se mantienen en constante movimiento en el tiempo que pasan dentro del local. Además, es el único lugar que ha aceptado modificar la estructura de su piso para implementar esta tecnología a su local (Núñez, 2018).

Los materiales con los que se fabrican las baldosas piezoeléctricas deberán ser tal que permitan proteger los discos generadores piezoeléctricos, resistentes al peso de las personas, mantener la impermeabilidad de las conexiones eléctricas y ser livianas. Las partes de que conforman la baldosa son las siguientes:

- Caja protectora y guarda conexionado.
- Superficie de conexionado y ubicación de los generadores piezoeléctricos.
- Material protector para los discos piezoeléctricos (microporoso)
- Superficie solida protectora, donde se aplicará la energía mecánica (puede ser de metal, plástico u otro material resistente y liviano).
- Mica impermeable, permitirá mantener seca el interior del generador piezoeléctrico (Nuñez, 2018).

Dentro de la elaboración del proyecto se aplicarán técnicas de recolección de datos como la observación, para así determinar dentro de la discoteca LA CAYET donde se concentra la mayor densidad de personas bailando, otra técnica aplicada serán las entrevistas con la finalidad de obtener información de cuáles son los días de mayor afluencia de personas al local, el consumo mensual de energía eléctrica, el tipo de iluminaria que utiliza en el local, entre otras preguntas más (Nuñez, 2018).

Para el proceso constructivo del generador piezoeléctrico, se instalan los discos piezoeléctricos en serie, para luego conectarlos en paralelos de tal forma que se obtenga más corriente eléctrica y mantenga el voltaje constante, como se ve en la figura 10.

Figura 10. Conexión serie paralelo de discos piezoeléctricos



Fuente: Núñez, M. C. (2018), Aprovechamiento de la tecnología piezoeléctrica para la generación de energía eléctrica en la pista de baile de la discoteca la Cayet

Debido a que el generador piezoeléctrico al ser sometido a una presión mecánica polariza sus cargas en un determinado sentido sobre la superficie, y al retirar dicha presión mecánica invierte el sentido de polaridad, se debe instalar un diodo rectificador de onda completa para aprovechar la energía eléctrica generada al someter a presión mecánica y retirar la presión mecánica. Luego deberán adaptarse

cada una de las partes de la baldosa, de tal manera que los discos piezoeléctricos conectados queden sobre una base flexible que permita la deformación de los discos provocado por las presiones de las pisadas de las personas, y sobre estas una tapa o superficie solida rígida para distribuir las pisadas de manera más uniforme sobre los discos piezoeléctricos, además de instalar una funda al dispositivo generador piezoeléctrico de tal manera que proteja el conexionado eléctrico al paso del agua o cualquier otro líquido(Nuñez, 2018).

Los equipos necesarios para el funcionamiento del sistema de generación piezoeléctrica, son los siguientes:

Discos Piezoeléctricos: Será los encargados de transformar la energía mecánica provenientes de las personas en energía eléctrica. El material de los discos piezoeléctricos será de Cerámica PZT (Zirconato Titanato de Plomo).

Regulador: Es el equipo encargado de controlar el ciclo de carga y descarga de las baterías de ciclo profundo, además de proteger las baterías de una sobrecarga o descarga excesiva, cortando automáticamente el flujo de corriente eléctrica desde el generador a las baterías o emitir una señal que puede ser sonora o visible.

Inversor: Transforma la corriente directa en baja tensión (12, 24 o 48V) generada por los discos piezoeléctricos y acumulada en baterías, a una tensión de 220 V en corriente alterna y frecuencia de 60 Hz (Nuñez, 2018).

Al finalizar el proceso constructivo del generador piezoeléctrico, y al ponerlo en práctica, se logra crear un prototipo de $0.0624 m^2$ de área, con el cual se logró una corriente máxima de 17,34 mA y un voltaje de 14,94 V, obteniendo una potencia promedio de 205,56 mW. Las luminarias Led que se proponen para la pista de bailes consumen una potencia total de 413 (W) y el área a utilizar de esta pista para la instalación de los dispositivos piezoeléctricos es de aproximadamente $15 m^2$. Por lo que partiendo de los datos prácticos reales se realizan estimaciones de la potencia eléctrica que se puede generar para satisfacer la necesidad, teniendo en cuenta que en la pista puede haber hasta 75 personas bailando con pesos aproximados de 65kg (Nuñez, 2018).

El sistema de generación piezoeléctrica cumple con los requerimientos de la carga de las luminarias LED en la pista de baile. A pesar de que la inversión para obtener el total de baldosas que cubran los $15 m^2$ de la pista es costosa, estimando que la discoteca solo funciones viernes, sábado y domingo 30 horas semanales, con la operatividad del sistema piezoeléctrico se obtendría un ahorro considerable en la facturación de energía mensual, y se estima que la recuperación del capital se obtendría aproximadamente a los 9 años (Nuñez, 2018).

4.1.5. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA, BARCELONA, ESPAÑA.

Un estudiante se encarga de crear un prototipo con el nombre de E-Step, busca minimizar los precios del producto y optimizar la energía eléctrica entregada. Para esto emplea el tiempo necesario para seleccionar el material piezoeléctrico, realiza cálculos y diseña la distribución de esfuerzos en la estructura, enfocado a la optimización energética y transferencia de energía mecánica (entrada) a eléctrica (salida). La baldosa E-Step se encarga de captar y almacenar la energía residual de las pisadas humanas para producir electricidad de un nivel bajo de potencia, útil para cubrir necesidades presentes en la sociedad como: Carga de móviles (almacenamiento de energía), envío de señales inalámbricas (Campo de la seguridad), señalización mediante iluminación con aparatos de bajo consumo (Led) (Ibáñez, 2012).

Partiendo de la idea de que la fuente energética principal son las pisadas humanas, se crea una superficie pisable rectangular rígida con dimensiones de 33x18cm (LargoxAncho). El diseño del generador contendrá tres niveles:

- **Nivel Superficial:** Pavimento intercambiable que recibe la pisada.
- **Nivel de Generación:** Piezoeléctricos apoyados en los extremos de la estructura mecánica que permite la flexión de manera simétrica.
- **Nivel Inferior:** Componentes electrónicos para la conversión de energía (condensadores, rectificadores, cableado, etc.) (Ibáñez, 2012).

La generación de electricidad en la baldosa piezoeléctrica se produce en 3 fases:

Fase 1: Captación de energía mecánica de la pisada, fuerza sobre el generador.

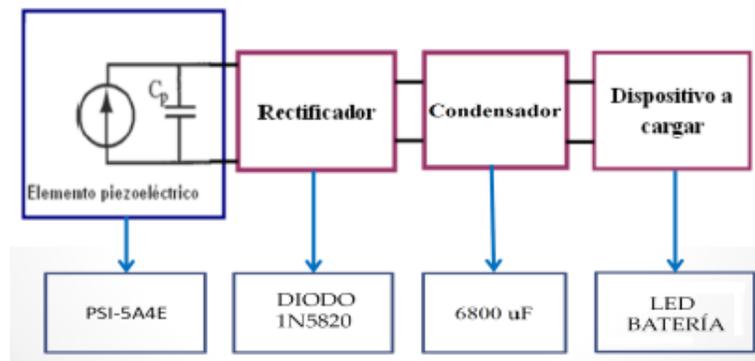
Fase 2: La compresión (Flexión) origina un voltaje (AC) por efecto piezoeléctrico.

Fase 3: El puente rectificador de diodos permite disponer de energía eléctrica en la salida.

En cada una de las fases existen pérdidas por transmisión de energía (mecánica, mecánica-eléctrica y eléctrica). Lo que conlleva que el rendimiento de la transformación no sea del 100% (Ibáñez, 2012).

En la figura 11 se muestra el diagrama de bloques y componentes electrónicos utilizados en cada una de las tres fases descritas anteriormente.

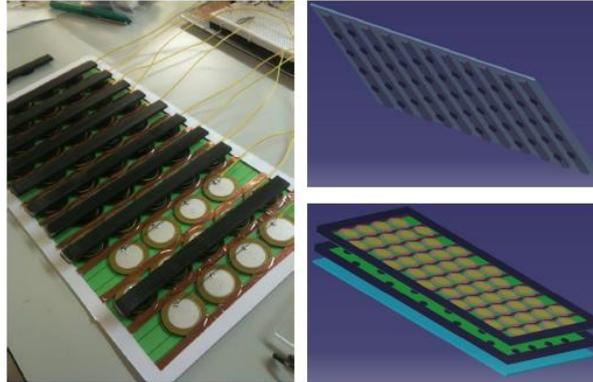
Figura 11.Diagrama de Bloques y Componentes Electrónicos.



Fuente: Ibáñez J. G. (2012), E-STEP: Diseño de un prototipo para generación energética mediante tecnología piezoeléctrica. Aplicación a escaleras.

El elemento piezoeléctrico utilizado es de referencia PZT (PSI-5A4E), la rectificación de la señal se hace por medio de un puente de Diodos (Voltaje de AC-DC). El almacenamiento de voltaje generado va directo a un condensador de 6800 micro-Faradios y la carga será la que el usuario elija (LED, batería, envío de señal).

Figura 12.Baldosa Configuración Final.



Fuente: Ibáñez, 2012.

El prototipo E-Step fue diseñado bajo características modulables, apilable y ergonómico, pensando para ser tocado, golpeado o pisado, es una tecnología de primera mano y se puede adquirir a muy bajo costo, está al alcance de todos los bolsillos, la inversión total al terminar la construcción de la baldosa fueron 11,00 Euros, que son aproximadamente 50 mil pesos colombianos, y esta baldosa es capaz de generar 1 Watts/sg a frecuencia de un paso cada segundo. Una vez terminado el prototipo y probado, se obtuvieron resultados óptimos como: iluminación de emergencia tipo LED en caso de evacuación, iluminaciones artísticas (pavimentos vivos), carga de móviles y portátiles, entre otras más (Ibáñez, 2012).

4.2. MATRIZ DOFA PARA DETERMINAR EL IMPACTO ECONOMICO, AMBIENTAL, SOCIAL Y DE EFICIENCIA ENERGETICA EN EL MAGDALENA MEDIO.

4.2.1. FUENTES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA CONVENCIONALES

Las energías convencionales son aquellas que proceden de recursos energéticos que aportan la naturaleza. En este grupo podemos englobar al petróleo, carbón, madera o gas natural, fuentes de energía que son limitadas y cada vez más difíciles de obtener dado sus altos niveles de explotación en el mundo. Este tipo de energías convencionales también son altamente contaminantes, emitiendo gases nocivos para la capa de ozono que, a su vez, afectan al ecosistema y a los seres vivos que habitan el planeta (RenovablesVerdes, 2020).

METANO: Uno de los gases más contribuyentes al aumento del efecto invernadero y el calentamiento global es el gas metano. Se trata de un gas inodoro, incoloro y que no es soluble en agua. Su fórmula química es CH₄ y aunque no es tóxico es altamente inflamable. Estas algas tienen la capacidad de retener calor en la atmósfera y, por ello, contribuye al aumento del efecto invernadero (RenovablesVerdes, 2020).

DERIVADOS DEL PETRÓLEO: De los combustibles fósiles se pueden sacar numerosos productos que se utilizan en la vida cotidiana. La mayoría de los productos derivados del petróleo son aquellos que se extraen a partir de los hidrocarburos y son procesados en refinerías. Existen una demanda de productos derivados del petróleo a partir de los que se pueden crear otros productos. Estos suelen ser combustibles para el transporte que van desde la gasolina hasta el fueloil. La mayoría de los combustibles que se crean a partir del petróleo pueden ser mezclados para obtener gasolina, Diesel, combustibles para turbinas o aceites de calentamiento (RenovablesVerdes, 2020).

CARBÓN: Es un combustible fósil de origen vegetal. En la actualidad se usa en centrales térmicas, industria química, siderurgia y calefacción (en países con bajo nivel de desarrollo industrial). Su potencia calorífica es muy elevada. Sus reservas son indiscutiblemente las mayores entre los combustibles fósiles. Los productores más notables y los países con mayores reservas son: EEUU, Rusia y China (RenovablesVerdes, 2020).

4.2.2. MATRIZ DOFA

A la hora de realizar una comparación entre la generación de energía a través de sistemas piezoeléctricos y la generación de energía por medio de fuentes convencionales, cabe resaltar que esta nueva forma de energía renovable, como es la piezoeléctrica, causa diferentes impactos dentro de la sociedad, tales como el económico, ambiental, social y de eficiencia energética (Autor).

A través de la matriz DOFA, podemos conocer más precisamente todas las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, de este nuevo sistema para la generación de energía eléctrica, lo que nos lleva a resolver las dudas que se tengan con respecto a su uso, donde de alguna manera está involucrada la sociedad, ya que se requiere del buen y constante uso de los peatones, así mismo se conocerá la perspectiva económica, lo que impulsará a la toma de decisión de todo aquel que esté interesado en implementar esta nueva tecnología para la generación de energía (Autor).

De igual manera se considera el impacto ambiental, resultando favorable a las necesidades de la sociedad en cuanto a la reducción de consumo energético convencional y disminución en la facturación, sin olvidar la baja considerable en las emisiones de gas de efecto invernadero a la atmósfera, así como la incidencia de factores como la política, la eficiencia energética, teniendo en cuenta el consumo de menos energía para la obtención de resultados óptimos, y el factor legal donde se incluyen beneficios tributarios para los empresarios que implementen energías alternativas bajo la ley 1715/ de 14, todos ellos influyen directamente dentro de la viabilidad del proyecto (Autor).

Por medio de la matriz DOFA, se busca también acabar con el desconocimiento de las personas en las diferentes medidas, y cada una de las opciones tecnológicas que pueden adoptar con las nuevas formas de generar energía de manera limpia sin afectar el medio ambiente dejando de lado las fuentes de energías convencionales, del mismo modo se busca incentivar a la población en adquirir electrodomésticos verdes en donde toca realizar una buena inversión que se verá amortizada a futuro (Autor).

Como se había comentado anteriormente, la matriz DOFA se elabora a partir de unas variables fundamentales como son: Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas, las cuales influyen de manera directa en el desarrollo del proyecto, a continuación, se muestra el resultado (Autor).

Tabla 1. Matriz DOFA

Plataformas piezoeléctricas VS Energías convencionales		Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
	Beneficios Económicos	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del consumo energético convencional y disminución de los costos de facturación. - No requiere elevados costos de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Beneficios tributarios para los empresarios que implementen energías alternativas (Ley 1715/ de 14). - Estimular la inversión, del desarrollo tecnológico en la producción y utilización de electricidad, a partir de plataformas piezoeléctricas 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de financiación y apoyo del estado para la implementación de este tipo de sistemas en el país. - Elevados Costos de las baldosas Piezoeléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> - Nula oferta nacional en el mercado para energías renovables. - Recuperación de la inversión a largo plazo.
	Beneficios Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de emisiones de gas efecto invernadero a la atmosfera al producir la energía. - No generan residuos de difícil tratamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Búsqueda de energías alternativas para mitigar el deterioro ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alteraciones que se producen debido a la obra civil que se debe realizar para la implementación del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> - Efectos negativos en el proceso de producción de los materiales piezoeléctricos.
	Beneficios Sociales	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de la dependencia del servicio eléctrico local. - La utilización del sistema de generación piezoeléctrica no genera ruido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incluir a la comunidad (peatones) en la funcionalidad del sistema de Generación Piezoeléctrica, haciéndoles partícipes activos de la producción de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición al vandalismo por estar en ambientes públicos de alto tránsito peatonal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitaciones en acceso a la información.
	Eficiencia Energética	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de menos energía para la obtención de óptimos resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> - En Colombia existen más recursos inagotables, que combustibles fósiles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desconocimiento de los consumidores de las diferentes medidas y opciones tecnológicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Reticencia de la población para adquirir electrodomésticos verdes, que son un poco más caros, pero que su inversión se

		- Innovación energética en el país.		que pueden adoptarse.	verá amortizada a futuro.
--	--	-------------------------------------	--	-----------------------	---------------------------

Nota: Tabla elaborada por el autor.

4.2.3. IMPACTO ECONÓMICO, AMBIENTAL, SOCIAL Y DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA REGIÓN DEL MAGDALENA MEDIO.

Las energías renovables han crecido con la necesidad de mitigar y aminorar los impactos ambientales que se generaron a lo largo del tiempo por el uso de energías convencionales y por las altas tasas de contaminación que se generan por las distintas actividades que realiza el hombre en sus actividades diarias, es por ello que tecnologías como los piezoeléctricos muestra grandes ventajas en las energías renovables (Cardozo & Tamayo, 2017).

En el Magdalena Medio la generación de energía a través de las plataformas piezoeléctricas tendría un gran efecto positivo dentro de la sociedad, ya que su uso incurriría de manera directa sobre la reducción y dependencia del consumo local de energía, lo cual impacta de manera directa sobre la economía y se ve reflejado en la disminución de los costos en la facturación de cada usuario de la nueva tecnología, al mismo tiempo que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero protegiendo de esta manera el medio ambiente, lo que nos permite concluir la viabilidad de las plataformas piezoeléctricas en el afán de mitigar el deterioro ambiental. Por otro lado, un punto a favor y del cual se puede sacar ventaja es la ubicación geográfica, ya que en el Magdalena medio existen varios sitios y pueblos turísticos donde la concurrencia peatonal es constante, del mismo modo sitios como centros comerciales, colegios, iglesias, discotecas entre otros, podrían ser autónomo de su propia energía, todo esto teniendo en cuenta que debe capacitarse la población ya que existe desconocimiento de los beneficios y las nuevas opciones tecnológicas que pueden adoptarse, así mismo se debe brindar mejor acceso a la información y promover el buen uso de las plataformas piezoeléctricas ya que se encontrarían instaladas en sitios públicos de alto tránsito peatonal y por ende están expuestas al vandalismo (Autor).

El uso de las plataformas piezoeléctricas para la generación de energía eléctrica, es una tecnología que causaría un fuerte impacto en la región del Magdalena medio, puesto que la gran mayoría de su población es dependiente de combustibles fósiles, muchas de las actividades diarias realizadas por el hombre requieren del uso de energías convencionales, tales como el abastecimiento de combustible para los diferentes vehículos que utiliza para poder transportarse, los quehaceres diarios de la cocina, encendido de motores en las grandes empresas, entre otras actividades más. Uno de los municipios más influyentes dentro de la región del Magdalena

medio es Barrancabermeja, donde un gran porcentaje de sus habitantes dependen laboral y económicamente de la refinería Ecopetrol, que tiene como actividad principal la extracción y refinación de petróleo, esta situación, junto a las escasas reservas del combustible fósil con que cuenta la región, generan una gran oportunidad para la implementación de nuevas tecnologías que pueden producir energía limpia y amigable con el medio ambiente, son entonces las plataformas piezoeléctricas una solución que invita a la investigación y puede brindar una serie de opciones laborales, de tal modo que se pueda incluir a la comunidad en la funcionalidad del sistema de generación piezoeléctrica, haciéndoles partícipes activos de la producción de energía, sin embargo aún existen limitaciones relacionadas con los altos costos de inversión de estos sistemas. Por consiguiente, se debe concientizar al consumidor de las opciones tecnológicas y beneficios que puede adquirir por medio de esta tecnología, de igual modo el estado debe incentivar, financiar y estimular la inversión del desarrollo tecnológico en la producción y utilización de la electricidad a partir de plataformas piezoeléctricas en el país (Autor).

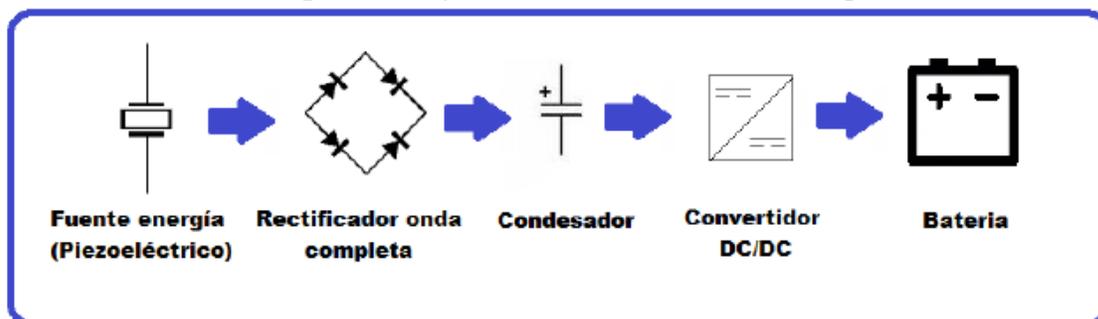
4.3. CARACTERIZACIÓN DEL MONTAJE CON DISPOSITIVOS PIEZOELÉCTRICOS PARA LOGRAR EL MAYOR RENDIMIENTO ENERGETICO EN LAS INSTALACIONES DEL RESTAURANTE BURGER KING CENTRO MAYOR

4.3.1. DISEÑO Y CARACTERIZACIÓN DEL MONTAJE MECÁNICO Y ELÉCTRICO DE LOS DISPOSITIVOS PIEZOELÉCTRICOS.

Respecto al montaje mecánico y electrónico óptimo de los dispositivos piezoeléctricos, cuando se usan materiales de este tipo para la generación y recolección de energía de los alrededores, es necesario que la energía que será usada, sea primero almacenada. Sin que se acumule una cantidad significativa de energía, el sistema de plataformas piezoeléctrica no sería una fuente de poder suficiente para la mayoría de los aparatos electrónicos. (Sodano, Inman, & Park, 2004).

El circuito acondicionador para un sistema de plataformas piezoeléctricas consta de 4 pasos como se observa en la siguiente figura (Figura 13). En primer lugar, se encuentra la fuente de suministro de energía, que para nuestro caso puede ser una cerámica tipo PZT-5A, la cual entregará una señal alterna de acuerdo a las deformaciones generadas por cada pisada. Seguidamente se ubica un rectificador de onda completa compuesto por diodos, los cuales se encargan de convertir la señal alterna en señal continua, junto con un condensador que se ocupa del filtrado. En tercer lugar, se conecta un convertidor DC/DC que tiene como tarea acondicionar la señal continúa obtenida del rectificador a la requerida por la carga, y ya por último se encuentra la batería o el elemento que se pretenda cargar (Gómez, 2018).

Figura 13. Etapas sistema de recolector de energía.



Fuente: Gómez, A. M. (2018), Diseño de un sistema de energy harvesting basado en piezoelectricos.

Rectificador de Onda completa. El rectificador se utilizará para convertir la señal de voltaje alterna proveniente del material piezoeléctrico a corriente continua para poder cargar la batería, Para este caso se recomienda utilizar un rectificador de onda completa (Puente de diodos). El condensador tiene como objetivo, filtrar la forma de onda de la señal de salida del rectificador para que esta sea continua y también sirve como aislamiento entre la fuente y la carga. Su valor se escoge dependiendo de la carga que se vaya alimentar (Gómez, 2018).

Convertidor DC/DC. Estos convertidores se utilizan comúnmente en fuentes de alimentación como última etapa antes de la carga. El rectificador junto con el condensador de filtrado proporciona una tensión de salida, que, aun estando rectificadas, es necesario adaptar para cumplir los criterios de calidad de la carga. Estos criterios de calidad son el nivel de rizado y la regulación (tensión, impedancia de salida).

Los convertidores DC/DC conmutados, se pueden clasificar en cuatro categorías:

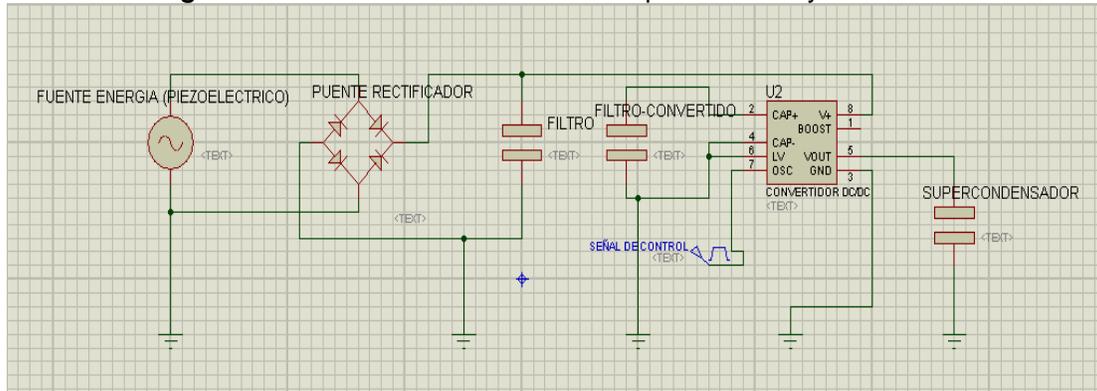
- Convertidor reductor
- Convertidor elevador
- Convertidor reductor-elevador
- Convertidor en puente completo (Gómez, 2018).

Carga (Batería o Súper-condensador). Para almacenar la energía obtenida por el sistema, se puede utilizar un súper-condensador o condensador electroquímico de doble capa, o una batería (Gómez, 2018).

Conexión del Circuito.

A continuación, se muestra el circuito descrito anteriormente. Se ha utilizado el simulador ISIS Proteus para diseñar el montaje acondicionador mecánico-electrónico, para transmitir y almacenar la energía obtenida de las plataformas piezoeléctricas (Autor).

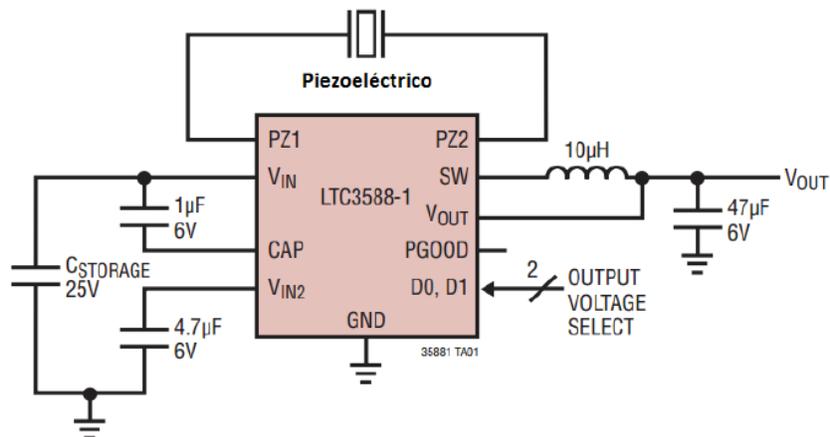
Figura 14. Circuito mecánico-electrónico para transmitir y almacenar.



Fuente: Autor

Dentro de las búsquedas realizadas a lo largo del desarrollo del proyecto, encontramos el circuito integrado LTC3588-1 de la marca de Linear Technology, el cual ha sido diseñado para tareas específicas como la de recolección de energía a través de materiales piezoeléctricos. Este circuito integrado cuenta con cada una de las etapas descrita en la figura 13, ya que en su interior está conformado por un puente rectificador de diodos de onda completa, un regulador de voltaje, y adicionalmente, posee un control inteligente que modifica la impedancia en todo momento para obtener la mayor transferencia de energía a la carga. La configuración que se muestra en la figura 15, permite la transmisión y el almacenamiento de energía como describe el autor en el circuito proyectado con el simulador ISIS de proteus (Figura 14) (Autor).

Figura 15. Configuración para el almacenamiento de energía eléctrica a través de piezoeléctricos usando el circuito integrado LTC3588-1.



Fuente: Cifuentes, J. G. (2013), *Baldosas piezoeléctricas para alimentar sistemas de iluminación de bajo consumo energético.*

El circuito integrado que se observa en la Figura 15, tiene un modo de “Undervoltage lockout” (UVLO), de ultra baja corriente, el cual, mediante una amplia ventana de histéresis, permite que la carga que se genera, se acumule en el capacitor o batería de almacenamiento hasta que el convertidor pueda transferir eficientemente una porción de la carga generada a la salida. La salida del circuito integrado se puede regular para que entregue 1.8V, 2.5V, 3.3V o 3.6V dependiendo de la necesidad del usuario (Cifuentes, 2013).

4.3.2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA BURGER KING

ANTECEDENTES

El predecesor de Burger King fue fundado en 1953 en Jacksonville, Florida, como 'Insta-Burger King'. Después de visitar a los hermanos McDonald's en la ubicación de la tienda original en San Bernardino, California, los fundadores y propietarios (Keith J. Kramer, y el tío de su esposa, Mateo Burns), que habían adquirido los derechos para dos piezas de equipo denominadas máquinas Insta, abrieron su primer restaurante. Su modelo de producción se basaba en una de las máquinas que habían adquirido, un horno llamado Insta-asador. Este horno resultó tan exitoso, que pronto todas sus franquicias solicitaron uno. Después que la compañía quebrara en 1959, fue comprada por sus franquiciados en Miami y Florida, pero también por James McLamore y David R. Edgerton. Estos iniciaron una reestructuración de las empresas de la cadena, como cambiar el nombre a Burger King. Dirigieron la empresa como una entidad independiente durante ocho años, antes de venderlo a la compañía Pillsbury en 1967.

BURGER KING

Fue fundada el 4 de diciembre de 1954 en Miami, cuando dos jóvenes emprendedores llamados James McLamore y David Edgerton inauguraron este restaurante basado en un concepto diferente al que existía y que se ha mantenido hasta hoy: «The Home of The Whopper».

En 1955, 'el producto rey' fue incorporado como la imagen de la marca y ha perdurado como referencia: la Whopper, el producto principal de Burger King. En 1958 se lanzó el primer anuncio de televisión en Miami, lo que dio pie a una campaña televisiva de más de 50 años. En 1959 la marca comenzó su expansión por medio de franquicias, extendiendo sus operaciones por todo Estados Unidos y después a nivel mundial. Así, en el año 1963, abrió el primer restaurante fuera de los Estados Unidos, en Puerto Rico. En 1974 se inició la campaña de mercadeo «HAVE IT YOUR WAY» (Como tú quieras) permitiendo que los clientes personalizaran los ingredientes de sus hamburguesas. En 1975 se inició un nuevo servicio que permitía a los clientes recibir sus productos sin bajar de su automóvil.

Ese mismo año la franquicia abrió su primer local en Europa: en Madrid, en donde la imagen de la inauguración fue la cantante internacional Rosa Morena. Debido a la demanda de clientes durante las primeras horas del día, en 1979, se incorporó el menú de desayunos.

En 1989, la compañía Grand Metropolitan PLC adquirió los derechos de Burger King, comprando las acciones de Pillsbury, quien había adquirido los derechos previamente en el año 1967. En 1997 Grand Metropolitan PLC se fusionó con Guinness convirtiéndose en Diageo PLC, líder mundial en alimentos y dueños de los derechos de Burger King Corporation. Una nueva compra se gestó para el año 2002, Texas Pacific Group, Bain Capital Partners y Goldman Sachs Capital, compraron a Diageo PLC los derechos de marca, regresando la propiedad a Estados Unidos. En 2004, 'el rey' resucitó como principal vehículo de marketing, ya que, en 1998 durante la actualización del logotipo y los restaurantes, se había dejado de lado esta imagen legendaria.

La franquicia de Burger King llegó a Colombia en el año 2006, con su primera apertura de restaurante en la ciudad de Medellín en marzo del 2008, y desde entonces ha expandido la marca en diferentes ciudades del país; tales como Medellín, Cartagena, Cali, Barranquilla y Bogotá con un total de 40 restaurante a nivel nacional.

En 2010, la firma 3G Capital con sede en Río de Janeiro, compró los derechos de la marca. El mismo año Burger King causó gran polémica por humillar al futbolista francés André-Pierre Gignac y su exceso de peso en su publicidad, donde decía «Un Whopper pour Gignac».

Ha sido patrocinador oficial del Getafe C.F., equipo de la Primera División (La Liga Santander) de fútbol de España, como a su vez del Mérida FC, del Ascenso MX de México, del US Palermo de Italia y del Perth Glory de Australia.

Con motivo del Día Internacional de la Paz Burger King propuso dejar de lado, al menos por un día, su rivalidad con Mc Donald's. La fórmula ideada consistía en crear una hamburguesa mezcla de las dos hamburguesas insignia (el Big Mac y el Whopper) y venderla en un restaurante que abriría un solo día en Atlanta, ciudad a mitad de camino de las sedes de ambas compañías. Los beneficios irían a parar a Peace One Day, una organización sin ánimo de lucro.

MISIÓN

Operar con excelencia y pasión nuestro restaurante, con producto fresco y seguro, ofreciéndoles a nuestros clientes placeres alrededor de un sabor y servicio superior, generando resultados sostenibles y valor a nuestros accionistas.

VISIÓN

Ser el mejor operador de restaurante Burger King en la región latinoamericana y del caribe, con excelente posicionamiento de marca.

VALORES CORPORATIVOS

Pasión por el servicio, Compromiso, integridad, respeto.

Pasión por el servicio

Saber ponerse en el lugar del otro, para darle siempre lo mejor y proponer manera de mejorar siempre.

Compromiso

Cumplir la promesa de servicio de la compañía y asumir nuestras labores convencidos que es la gran oportunidad para crecer como persona.

Integridad

Respetar los principios fundamentales del ser humano, buscar la coherencia entre lo que piensa, se hace y se dice. Ser honestos, trabajar dentro de los principios de la ley.

Respeto

Reconocer los derechos y la dignidad de los demás. “Valoramos a los demás, reconocemos sus derechos y les tratamos con dignidad; lo que nos permite conservar relaciones cálidas y humanas, tanto con nuestro cliente interno como el cliente externo.

Figura 16. Centro Comercial Centro Mayor



Fuente: Centro Comercial Centro Mayor (2020)

Figura 17. Instalaciones del restaurante Burger King Centro Mayor.



Fuente: Burger King (2020)

En la actualidad el restaurante Burger King Centro Mayor, es uno de los restaurantes con mayor venta en la ciudad de Bogotá, teniendo un tráfico de visitantes promedio es de 200 personas diarias.

4.3.3. RENDIMIENTO ENERGÉTICO

Para determinar el mayor rendimiento energético que se puede obtener con la configuración del circuito integrado LTC3588-1 (figura 15), con respecto al flujo peatonal de clientes que visitan las instalaciones del restaurante Burger King Centro Mayor, se detalla la hoja de datos del circuito integrado y se puede observar que en condiciones normales operando en un rango de temperaturas de -40 a 125°C , cada vez que se accione el material piezoeléctrico (Baldosa Piezoeléctrica) con determinado peso, pueden obtenerse voltajes a la salida de 3.612V y corrientes de

hasta 260mA. El voltaje máximo que puede entregar el LTC3588-1 es de 3.708 Voltios y una corriente de salida máxima de 350mAmperios (Autor).

Por lo anterior y considerando cada elemento como ideal, asumiendo además las pisadas de una persona con determinado peso a un ritmo de paso por segundo, y aprovechando el paso obligatorio de cada cliente por el punto de pago, si se instalará una plataforma piezoeléctrica en dicho lugar, una persona que se dirija hacia la caja, podrá pisar la plataforma, cada paso podrá generar a la salida del circuito LTC3588-1, un Vout de 3.708 Voltios y una corriente Iout de 350mA (Autor).

Es importante tener en cuenta, que la plataforma que se desea implementar en frente del punto de pago del restaurante, está conformada por varias baldosas, cada baldosa requiere de una configuración como la proyectada en la figura 15 (Circuito integrado LTC3588-1), y cada configuración tiene una salida, por lo que se puede implementar un dispositivo de almacenamiento de energía por cada baldosa (Autor).

Ahora sabiendo que el flujo peatonal promedio con que cuenta el restaurante Burger King Centro Mayor es de 200 personas diarias, podemos obtener la cantidad de pasos diarios sobre la plataforma piezoeléctricas:

1 persona —————> 2 pasos
200 personas —————> 400 pasos

Entonces en promedio, diariamente la plataforma instalada en frente del punto de pago del restaurante, podría recibir 400 pasos diarios, teniendo en cuenta el tráfico de clientes que lo visitan.

Ahora bien, si nuestro deseo es almacenar la energía generada por cada pisada, en una batería recargable que tiene voltaje nominal de 12V y una carga de 500mAh, el tiempo empleado para cargar la batería sería:

$$Tiempo\ de\ carga(h) = \frac{Capacidad\ de\ la\ batería\ (Ah)}{Capacidad\ del\ cargador\ (A)} = \frac{0.5Ah}{0.35A} = 1.43\ horas\ (1.6)$$

Sabiendo que la capacidad de la batería recargable es de 0.5Ah, y la capacidad del cargador, es la corriente Iout a la salida de la configuración del circuito integrado LTC3588-1, cada vez que es accionado el material piezoeléctrico por una pisada humana. Entonces se obtendría que el tiempo de carga (h) sería aproximadamente hora y media (Autor).

1 hora —————> 3600 sg
1.5 horas —————> 5400sg

Teniendo en cuenta que anteriormente se asumió la relación, que cada persona tiene un ritmo de paso por segundo, se necesitaría 5400 pasos en la plataforma piezoeléctrica para poder cargar el dispositivo de almacenamiento de voltaje nominal 12V y de carga 500mAh que se encuentra conectado a la salida del circuito integrado LTC3588-1. Teniendo en cuenta que los pasos diarios sobre cada baldosa son 400 tenemos entonces:

400 pasos —————> 1 día
5400 pasos —————> 14 días

Se requiere de 14 días para cargar completamente el dispositivo de almacenamiento (Autor).

4.4. GESTIÓN DE CONSULTORÍA CON EL SECTOR PRODUCTIVO

Se estableció un acuerdo de cooperación interinstitucional con el sector productivo, particularmente con la empresa BKAL S.A.S., para lo cual se realizó una proyección y caracterización del montaje mecánico y eléctrico óptimo de los dispositivos piezoeléctricos, respecto al flujo peatonal en las instalaciones del restaurante Burger King Centro Mayor, para determinar el mayor rendimiento energético mediante los respectivos cálculos. El propósito de esta consultoría es divulgar los estudios realizados sobre el sistema de generación de energía eléctrica, mediante el uso de plataformas peatonales con dispositivos piezoeléctricos como alternativa de energía. Además, el informe ejecutivo final de consultoría también contiene una matriz DOFA para reconocer debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, las ventajas y desventajas del uso de las plataformas piezoeléctricas en el Magdalena medio, y su contribución al mejoramiento del medio ambiente, debido a que permiten la generación de energía eléctrica de manera amigable. Todo esto con la finalidad de plasmar pautas para la implementación del sistema de plataformas dentro de la empresa BKAL S.A.S., y como punto de inicio de futuras investigaciones.

Debido a la situación actual por la que atraviesa el país y el mundo entero, a causa de la propagación del virus Covid-19, y por supuesto, obedeciendo las pautas dictadas por el gobierno nacional, durante el mes de septiembre se empezó con la gestión de la consultoría desde la comodidad de nuestro hogar, lo primero fue consultar la página de la empresa, de donde se obtuvo acceso a la dirección de un correo electrónico para atención al usuario, enviando un email se expuso el interés y se mencionaron cada una de las cláusulas del acuerdo de cooperación, para el correcto desarrollo de la consultoría, de esta forma se dio respuesta afirmativa para el inicio, y en cada ocasión que se necesitó información exclusiva de la empresa, se solicitó por medio de este correo electrónico institucional, donde muy comedidamente respondían a la inquietud.

Por parte de la empresa BKAL S.A.S., fue asignado un supervisor, la señora Eloina Mendoza Pérez, líder administrativa, quien fue la encargada de realizar un seguimiento al desarrollo de la consultoría. Cada avance significativo era revisado y aprobado por ella. Así mismo, al finalizar el informe ejecutivo de consultoría, se le entregó copia del mismo, vía email.

Una vez terminado el informe final de consultoría, con el retorno de la nueva normalidad, y las nuevas medidas de aislamiento debido a la pandemia por el virus Covid-19, fue posible el desplazamiento hasta la empresa para hacer entrega del informe final de manera física, y legalizar el documento Acuerdo de Cooperación para Consultoría, para de esta manera poder recibir la certificación que acredita la aceptación de la propuesta por parte de la empresa, ya que, de acuerdo con los estudios realizados se generarían grandes beneficios económicos, técnicos y ambientales para la institución **(Ver anexos)**.

El restaurante Burger King Centro Mayor, maneja de forma convencional el proceso de abastecimiento eléctrico, para lo cual emplea el uso de una acometida eléctrica conectada al sistema de distribución de red local, este proceso implica impactos negativos al medio ambiente debido a sus fuentes primarias de generación y altos costos por consumo energético mensual; por este motivo, se busca una alternativa a dicha problemática.

Como resultado en esta consultoría, se obtiene el montaje óptimo con dispositivos piezoeléctricos, utilizando el circuito integrado LTC3588-1, el cual ha sido diseñado para tareas específicas de recolección de energía, esta selección se logró gracias a la revisión bibliográfica y a la vigilancia tecnológica aplicada durante el desarrollo de la investigación. Ya con el circuito adecuado para la obtención del máximo rendimiento energético, con respecto a las pisadas humanas producidas por el flujo peatonal de los clientes, se generan grandes expectativas para a futuro realizar estudios más precisos, y así lograr implementar esta nueva tecnología para la generación de energía eléctrica limpia y amigable con el medio ambiente, logrando así una reducción en el consumo de energía convencional y una baja en el costo de facturación mensual.

son entonces las plataformas piezoeléctricas una solución que invita e incentiva la investigación y puede brindar una serie de beneficios tanto en el ámbito laboral, como en el ámbito económico y social, de tal modo que se pueda incluir a la comunidad en la funcionalidad del sistema de generación piezoeléctrica, haciéndoles partícipes activos de la producción de energía.

A manera de conclusión, en las empresas, donde el flujo peatonal es constante, la implementación de las plataformas piezoeléctricas sería provechoso debido a la

cantidad de energía que se podría generar y almacenar, para posteriormente utilizarla pensando en reducir los costos de facturación de la empresa por consumo de energía eléctrica convencional.

5. RESULTADOS

5.1. VIGILANCIA TECNOLÓGICA A PAÍSES QUE UTILIZAN PLATAFORMAS PIEZOELÉCTRICAS.

A través de revisión, captación y análisis de información sobre ciencia y tecnología, se determinan los países en el mundo, que han realizado o, se encuentran realizando estudios para implementar plataformas peatonales piezoeléctricas para la generación de energía limpia y amigable con el medio ambiente.

A continuación, en la tabla 2 se encuentran relacionados los principales países latinoamericanos, pioneros en la implementación de esta nueva alternativa para la generación de energía eléctrica. En ella se muestra la universidad a la cual pertenecen los investigadores, el proyecto realizado y el año de aplicación.

Tabla 2. Relación países que utilizan plataformas piezoeléctricas.

Ciudad	Universidad	Proyecto	Detalles	Año de Aplicación
Chile	Universidad Técnica Federico Santa María	Instalación de baldosas piezoeléctricas para el encendido de las luces de una multicancha	-Baldosa Pavegen V3 triangular -Genera de 3 a 5 Julios por pisada	2019
Guatemala	Universidad de San Carlos de Guatemala	Instalación de baldosas piezoeléctricas en la entrada principal de la universidad para el encendido de 5 lámparas led	-Eco Baldosa Piezoeléctrica Pavegen -5 años de uso	2019
México	Instituto Politécnico Nacional	Construcción de una baldosa piezoeléctrica para alimentar un circuito de baja potencia	-52 elementos piezoeléctricos -Conexión en paralelo entre discos.	2016

Perú	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	Construcción e instalación de discos piezoeléctricos en una pista de baile, para iluminar el local con tecnología led.	-Discos piezoeléctricos de PZT -Corrientes max. Generada de 17,34 mA	2018
------	---------------------------------------	--	---	------

Nota: Tabla elaborada por el autor.

5.2. MATRIZ DOFA, ENERGÍA PIEZOELÉCTRICA VERSUS ENERGÍAS CONVECIONALES.

Se realiza una comparación entre la energía generada por plataformas con dispositivos piezoeléctricos y, la energía obtenida por medio de fuentes convencionales, esto se hace a través de una matriz DOFA.

En la tabla 3, se muestra una matriz DOFA, donde se puede conocer más precisamente las ventajas y, desventajas del uso de este nuevo sistema para la generación de energía eléctrica y su contribución en los ámbitos económico, ambiental y social, respecto a las energías generadas por fuentes convencionales.

Tabla 3. Matriz DOFA resultados

Plataformas piezoeléctricas VS Energías convencionales		Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
	Beneficios Económicos	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del consumo energético convencional y disminución de los costos de facturación. - No requiere elevados costos de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> -Beneficios tributarios para los empresarios que implementen energías alternativas (Ley 1715/ de 14). - Estimular la inversión, del desarrollo tecnológico en la producción y utilización de electricidad, a partir de plataformas piezoeléctricas 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de financiación y apoyo del estado para la implementación de este tipo de sistemas en el país. - Elevados Costos de las baldosas Piezoeléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> - Nula oferta nacional en el mercado para energías renovables. -Recuperación de la inversión a largo plazo.
	Beneficios Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de emisiones de gas efecto invernadero a la atmosfera al 	<ul style="list-style-type: none"> - Búsqueda de energías alternativas para mitigar el deterioro ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alteraciones que se producen debido a la obra civil que se debe 	<ul style="list-style-type: none"> - Efectos negativos en el proceso de producción de los materiales piezoeléctricos.

		<p>producir la energía.</p> <ul style="list-style-type: none"> - No generan residuos de difícil tratamiento. 		<p>realizar para la implementación del sistema.</p>	
	Beneficios Sociales	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de la dependencia del servicio eléctrico local. - La utilización del sistema de generación piezoeléctrica no genera ruido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incluir a la comunidad (peatones) en la funcionalidad del sistema de Generación Piezoeléctrica, haciéndoles partícipes activos de la producción de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición al vandalismo por estar en ambientes públicos de alto tránsito peatonal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitaciones en acceso a la información.

Nota: Tabla elaborada por el autor.

5.3. CONFIGURACIÓN PIEZOELÉCTRICA PARA LOGRAR EL MAYOR RENDIMIENTO ENERGETICO.

El circuito integrado LTC3588-1 de la marca de Linear Technology, ha sido diseñado para tareas específicas como la de recolección de energía a través de materiales piezoeléctricos. Este circuito integrado en su interior está conformado por un puente rectificador de diodos de onda completa, un regulador de voltaje, y adicionalmente, posee un control inteligente que modifica la impedancia en todo momento para obtener la mayor transferencia de energía a la carga.

Material Piezoeléctrico: Es la fuente de suministro de energía. Entrega una señal alterna de acuerdo a las deformaciones generadas en su interior por cada pisada humana.

Puente Rectificador de Onda Completa: Se encarga de convertir la señal alterna recibida del material piezoeléctrico, en señal continua.

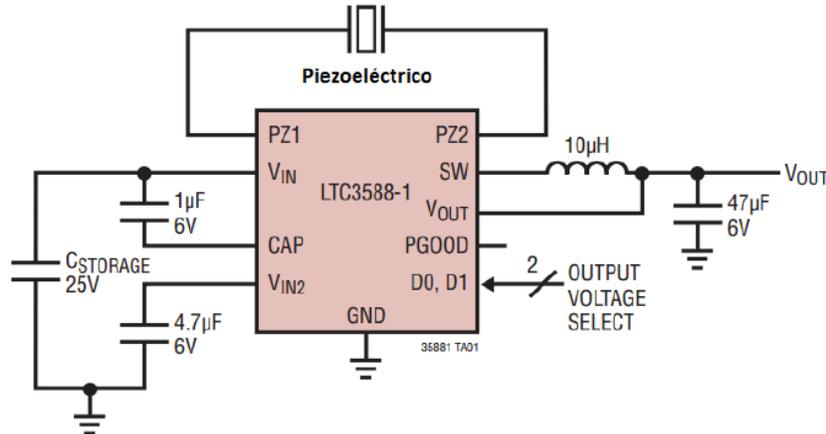
Regulador de Voltaje: Su tarea consiste en acondicionar la señal continua recibida del puente rectificador, a la requerida por la carga.

Condensadores: Se ocupan del filtrado y suavizado de la señal continua.

Control Inteligente: Modifica la impedancia en cada instante, con el objetivo de obtener la mayor transferencia de energía a la carga.

Bobina: Conectado a la salida del circuito integrado LTC3588-1, se encarga de eliminar los picos de corrientes, permitiendo una señal constante hacia la carga.

Figura 18. Configuración del circuito integrado LTC3588-1 para lograr el mayor rendimiento energético producido por las pisadas.



Fuente: Cifuentes,2013

MAYOR RENDIMIENTO ENERGETICO POR CADA PISADA HUMANA

La corriente y el voltaje máximo que se pueden obtener con la configuración del circuito integrado LTC3588-1 se encuentran en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados Voltaje y Corriente máximos.

Voltaje Máximo (Vout)	3.708 Voltios
Corriente Máxima (Iout)	350 mili-Amperios

Nota: Tabla elaborada por el autor.

Para cargar completamente un dispositivo de almacenamiento con voltaje nominal de 12V y carga de 500mAh, a la salida de la configuración del circuito integrado LTC3588-1, que, a su vez, se encuentran adaptados a cada una de las baldosas que conforman la plataforma piezoeléctrica, se necesita 5400 pasos sobre la plataforma piezoeléctrica.

5.4. EJECUCIÓN DE LA CONSULTORÍA Y DOCUMENTO EJECUTIVO CON LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

La presente consultoría se realizó por medio de un acuerdo de cooperación interinstitucional con el sector productivo, más precisamente con la empresa BKAL S.A.S. – BURGER KING La investigación realizada establece y proyecta un circuito óptimo con el cual se obtiene el mayor rendimiento energético producto del flujo peatonal, y cada uno de los elementos eléctricos y electrónicos que lo conforman, aprovechando la energía mecánica de las pisadas humanas, para la generación de energía eléctrica de forma limpia y amigable con el medio ambiente, dejando atrás todo método de energía convencional, las cuales emiten gas de efecto invernadero deteriorando directamente la atmósfera y agotando de forma irracional los recursos naturales.

El circuito integrado LTC3588-1 fue el utilizado para el desarrollo de la consultoría. Teniendo en cuenta el tráfico de visitantes diario promedio con que cuenta el restaurante Burger King Centro Mayor, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 5. Visitantes promedio y pisadas diarias.

Visitantes diario promedio con que cuenta el restaurante Burger King Centro Mayor	Pisadas diarias en la plataforma piezoeléctrica
200 clientes	400 pisadas

Nota: Tabla elaborada por el autor.

Ahora bien, conociendo los resultados de voltaje y corriente máximos que se pueden obtener con el circuito integrado LTC3588-1 (ver tabla 4), además, sabiendo el promedio de clientes con que cuenta el restaurante Burger King, y las pisadas diarias generadas por todos ellos, se puede determinar el tiempo de carga para cualquier dispositivo de almacenamiento según su capacidad.

La tabla 6, muestra los tiempos de carga para una batería de almacenamiento de voltaje nominal 12V, con carga variable y, lo que demoraría en cargar con una plataforma piezoeléctrica instalada en frente del punto de pago del restaurante Burger King Centro Mayor, teniendo en cuenta los pasos diarios sobre la plataforma piezoeléctrica mostrados en la tabla 5.

Tabla 6. Tiempos de carga para una batería de almacenamiento con carga variable.

Batería de almacenamiento	Voltaje nominal 12 [V]			
	Carga variable	0.5 [Ahoras]	1.0 [Ahoras]	2.0 [Ahoras]
	Tiempo de carga (horas)	1.43 horas	2.85 horas	5.71 horas

con variable	carga	Tiempo de carga (Pasos diarios)	13 días	26 días	51 días
-------------------------	--------------	------------------------------------	---------	---------	---------

Nota: Tabla elaborada por el autor.

Teniendo en cuenta que anteriormente se asumió la relación, que cada persona tiene un ritmo de paso por segundo, se necesitaría 13 días para poder cargar el dispositivo de almacenamiento de voltaje nominal 12V y de carga 500mAh.

De acuerdo a lo observado durante el desarrollo de la consultoría, en las empresas, donde existe un flujo peatonal continuo, la instalación de plataformas piezoeléctricas sería muy beneficioso, ya que la generación de esta energía es limpia e impacta de manera positiva el medio ambiente, y por otro lado reduciría el consumo de energía convencional, repercutiendo de manera directa en el costo de la facturación mensual.

6. CONCLUSIONES

- Se ha podido comprobar que, en su mayoría los países latinos se encuentran realizando proyectos e investigaciones que de una manera u otra permiten el acercamiento a esta nueva forma de generar energía limpia y amigable con el medio ambiente, pero que, a pesar de esos grandes avances, en muchas ocasiones no se ha podido lograr la implementación debido a los altos costos de las plataformas piezoeléctricas.
- De acuerdo con la vigilancia tecnológica aplicada, si Latinoamérica se apropiase de la construcción y comercialización de las plataformas piezoeléctricas, en lugar de importarlas de países europeos, sería mucho más rentable ya que, se generaría nuevas fuentes de empleo, lo que repercute directamente dentro de la economía ingresos de sus habitantes.
- La implementación de la tecnología piezoeléctrica para la generación de energía eléctrica en el Magdalena medio, causaría gran impacto ya que reduciría la dependencia de las fuentes convencionales que tanto deterioran el medio ambiente, de igual forma se reduciría el consumo local de energía, causando alivio en los bolsillos de los usuarios de la nueva tecnología y se incentivaría el campo de la investigación, dando paso a nuevas opciones laborales, algo que sería muy positivo si pensamos en las escasas reservas de combustibles fósiles con las que cuenta la región.
- En empresas, donde el flujo peatonal es constante debido a la cantidad considerable de empleados y de personal externo que a diario visita las instalaciones, la implementación de las plataformas piezoeléctricas sería provechoso debido a la cantidad de energía que se podría generar y almacenar, para posteriormente utilizarla pensando en reducir los costos de facturación de la empresa por consumo de energía eléctrica convencional.
- El circuito integrado LTC3588-1 está diseñado única y exclusivamente para la recolección de energía a través de materiales piezoeléctricos, a diferencias de los demás circuitos empleados para tal fin, el integrado LTC3588-1 posee dentro de su encapsulado las cuatro etapas de un sistema recolector de energía, lo que permite optimizar el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo conforman, facilitando de esta manera la transmisión y almacenamiento de energía de manera eficiente.
- Debido al crecimiento poblacional y deterioro de la capa de ozono, la generación de energía limpia y amigable con el medio ambiente es un tema importante, teniendo en cuenta la cantidad de energía que demanda la

población mundial, la generación de energía por medio de plataformas piezoeléctricas es una alternativa que brinda múltiples beneficios, como lo son, el incremento en la oferta de servicios de energía y la reducción en los costos de facturación. Estas disminuciones de costos se pueden ver reflejados en mayores utilidades para las empresas y baja en los gastos de los hogares.

7. RECOMENDACIONES

- Para futuros proyectos de investigación se recomienda a los estudiantes universitarios, realizar investigaciones sobre la implementación de plataformas piezoeléctricas en sitios de mayor concurrencia peatonal, con la finalidad de recolectar mayor cantidad de energía.
- Se recomienda un estudio detallado y análisis de costos, para la implementación de baldosas piezoeléctricas en frente del punto de pago del restaurante Burger King Centro Mayor, ya que se estima una alta recolección de energía y por consiguiente una reducción en el consumo eléctrico mensual.
- Sería ideal contar con el apoyo financiero y beneficios tributarios por parte del estado, para la implementación de nuevas tecnologías que generen energía limpias y amigables con el medio ambiente.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, A., Alpízar, F., Silbaja, G. & Rojas, C. (2013). *Técnicas cualitativas de la investigación*. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Arango, B. A., Tamayo, L. G., & Fadul, A. B. (2012). *Vigilancia tecnológica: Metodologías y Aplicaciones Gestión Tecnológica*.
- Arévalo, L., & Lamprea, D. (2019). *Diagnóstico para la implementación de baldosas piezoeléctricas como alternativa de energía renovable en la universidad Santo Tomás Villavicencio campus Aguas Claras*. Universidad Santo Tomás, Villavicencio, Colombia.
- Artidiello, M. N. (2013). *Universidad de oviedo*. Recuperado el 24 de FEBRERO de 2019, de UNIVERSIDAD DE OVIEDO: <http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/19420/6/TFM%20Marta%20Neira%20Artidiello.pdf>
- Burger King (2020), Tomado de: <https://www.burgerking.es/>
- Cardozo Gutierrez, N., & Tamayo Zapata, D. (2017). *Universidad Catolica Repositorio*. Recuperado el 5 de Marzo de 2019, de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14488/3/Articulo%20cientifico%20Proyecto%20de%20grado%20piezoelctricos%20en%20perfil%20vial%20piloto%20en%20Bogot%C3%A1.pdf>
- Centro Comercial Centro Mayor (2020), Tomado de: <https://centromayor.com.co/conocenos/tarifas-parqueaderos>
- Cifuentes, J. G. (2013). *Baldosas piezoeléctricas para alimentar sistemas de iluminación de bajo consumo energético*. Escuela de ingeniería de Antioquia, Envigado, Colombia.
- Colino Martinez, A., & Caro, R. (s.f.). *DIALNET*. Recuperado el 5 de Marzo de 2019, de <file:///D:/Desktop/Dialnet-FuentesEnergeticas-4548648.pdf>
- Dalle, P., Boniolo, P., Sautu, R. & Elbert R. (2005). *Manual de metodología. Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología*. Buenos Aires, Argentina.
- Flores (2006), *El cambio tecnológico en los sistemas energéticos*, tomado de: Fundación Española Para la Ciencia y la Tecnología. (2010). *FECYT*. Recuperado el 25 de Febrero de 2019, de https://icono.fecyt.es/sites/default/files/filepublicaciones/bvt_mat_n3.pdf
- Gómez, A. M. (2018). *Diseño de un sistema de energy harvesting basado en piezoelctricos*. Universidad de Alcalá Escuela Politécnica Superior, Madrid, España.
- González, A. F., Cesari, R. M., & Vicioli, R. O. (2009). *Materiales Piezoelctricos y Efecto Piezoeléctricos. Tecnología Electrónica*.
- Graham, T. J. (3 de 11 de 2016). *Documents*. Obtenido de Documents.mx: <http://documents.mx/documents/footstep-electricity-ppt.html>

- Ibáñez J. G. (2012). *E-STEP: Diseño de un prototipo para generación energética mediante tecnología piezoeléctrica. Aplicación a escaleras*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- IBERDROLA. (2002). *FENERCOM*. Recuperado el 3 de Abril de 2019, de <https://www.fenercom.com/pdf/aula/recorrido-de-la-energia-la-electricidad.pdf>
- JapanRailwayCompany (2008) East, J. (4 de 11 de 2016). JR East. Tomado de JR East: <http://www.jreast.co.jp/e/development/press/20080111.pdf>
- Jiménez (2018), Ventajas de aplicar vigilancia tecnológica en tu empresa, Universidad Minuto de Dios, tomada de: <http://mdc.org.co/blog-formacion-ventaja-vigilancia-tecnologica/>
- Jiménez, B. (1995). *Materiales Piezoeléctricos: Formas de Presentación, Ventajas y Desventajas en las Aplicaciones*. Cerámica y vidrio.
- Jiménez, F. R. (2018). *Análisis del estado actual de la tecnología Energy Harvesting (Recolectores de energía) basados en piezoelectricidad*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia.
- K.Uchino. (2017). Recuperado el 5 de Marzo de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/318034017_The_Development_of_Piezoelectric_Materials_and_the_New_Perspective
- Li, X., Strezov, V. (2014). *Modelado del potencial de recolección de energía piezoeléctrica en un edificio educativo*. Recuperado el 2 de Julio de 2020, de <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.05.096>
- Libertad digital (2019), Tomado de: <https://www.libertaddigital.com/ciencia/una-empresa-israeli-logra-generar-electricidad-gracias-al-trafico-1276372565/>
- Malhotra (2004). *Metodología de la investigación*. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lni/carabarin_m_a/capitulo3.pdf
- Martinez, G. (24 de Abril de 2014). *Plataforma urbana.cl*. Recuperado el 10 de Abril de 2019, de <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2014/04/24/cosechar-energia-para-construir-el-futuro-una-mirada-desde-la-arquitectura/>
- Mella, O. (1998). *Naturaleza y orientaciones teórico – metodológicas de la investigación cualitativa*. Obtenido de: <http://www.reduc.cl/reduc/mella.pdf>
- Mendoza, M. (2016). *Plataforma que generan energía con las pisadas*. Obtenido de <http://masivaecologica.com/articulo-plataformas-que-generan-energia-con-las-pisadas>
- Messineo, A., Alaimo, A., Denaro, M., Ticali, D. (2011). *Transductores piezoeléctricos Bender para aplicaciones de recolección de energía*.
- Natalia Fernandez Castaño. (Enero de 2012). *ENERGIZA*. Recuperado el 5 de Marzo de 2019, de <http://www.energiza.org/anteriores/energizaenero2012.pdf>
- Núñez, M. C. (2018). *Aprovechamiento de la tecnología piezoeléctrica para la generación de energía eléctrica en la pista de baile de la discoteca la Cayet*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

- Ojeda, E. O. (2019). *Diseño de instalación de baldosas piezoeléctricas para iluminar multicancha en la sede viña del mar*. Universidad Técnica Federico Santa María, Viña del mar, Chile.
- OPTI Y ASCAMM, (2010), boletín N°3 Vigilancia Tecnológica – Materiales piezoeléctricos, recuperado de: https://icono.fecyt.es/sites/default/files/filepublicaciones/bvt_mat_n3.pdf
- Orozco, E. S. (2014). *Universidad Nacional Repositorio*. Recuperado el 5 de Marzo de 2019, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/47308/1/1128267719.2015.pdf>
- Perevochtchikova (2012), Evaluación del impacto ambiental y de la importancia de los indicadores ambientales, recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792013000200001
- Pérez, E. P., & Velázquez, S. A. (2016). *Diseño e implementación de un generador piezoeléctrico baldosa, para alimentar un sistema de iluminación de baja potencia*. México, CD de México: Instituto Politécnico Nacional.
- Portillo (2019), *Renovable verde* tomado de: <http://www.renovablesverdes.com>
- QuestionPro, ¿Qué es la investigación exploratoria? (2020), tomado de: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-exploratoria/#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20exploratoria%20es%20un,pero%20sin%20proporcionar%20resultados%20concluyentes.&text=Su%20llevarse%20a%20cabo%20cuando,encuentra%20en%20una%20fase%20preliminar>.
- Raffino, M. (4 de agosto de 2020). *Técnica de investigación*. Recuperado el 10 de agosto de 2020, de <https://concepto.de/tecnicas-de-investigacion/>
- RenovablesVerdes, Energías Convencionales (2020), tomado de: <https://www.renovablesverdes.com/category/energias-convencionales/>
- Revista Latín Clima, Energía verde e inclusiva (2019), tomado de: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:vYd7NAWo3V4J:l atinclima.org/energia-verde-e-inclusiva/breve-historia-de-la-relacion-entre-ser-humano-y-energia+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>
- Revista Vivienda (2017), *Generar Energía renovable con solo caminar* tomado de: <http://www.revistavivienda.com.ar/empresas/novedades-del-mercado/generar-energia-renovable-con-solo-caminar>
- Rios Quintero, F., & Quina, P. A. (9 de Febrero de 2017). Recuperado el 5 de Marzo de 2019, de http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/8763/Factibilidad_tecnica_economica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Romero, P. G. (2010). *CSIC*. Recuperado el 5 de Marzo de 2019, de http://digital.csic.es/bitstream/10261/38318/1/CAPITULOS_DE_LIBROS291578%5B1%5D.pdf
- Sanchez, A. M., Trigueros, M., & Tagüeña, J. (1999). *Revista de ciencias Unam*. Recuperado el 3 de Abril de 2019, de

<https://www.revistaciencias.unam.mx/en/106-revistas/revista-ciencias-53/945-energia.html>

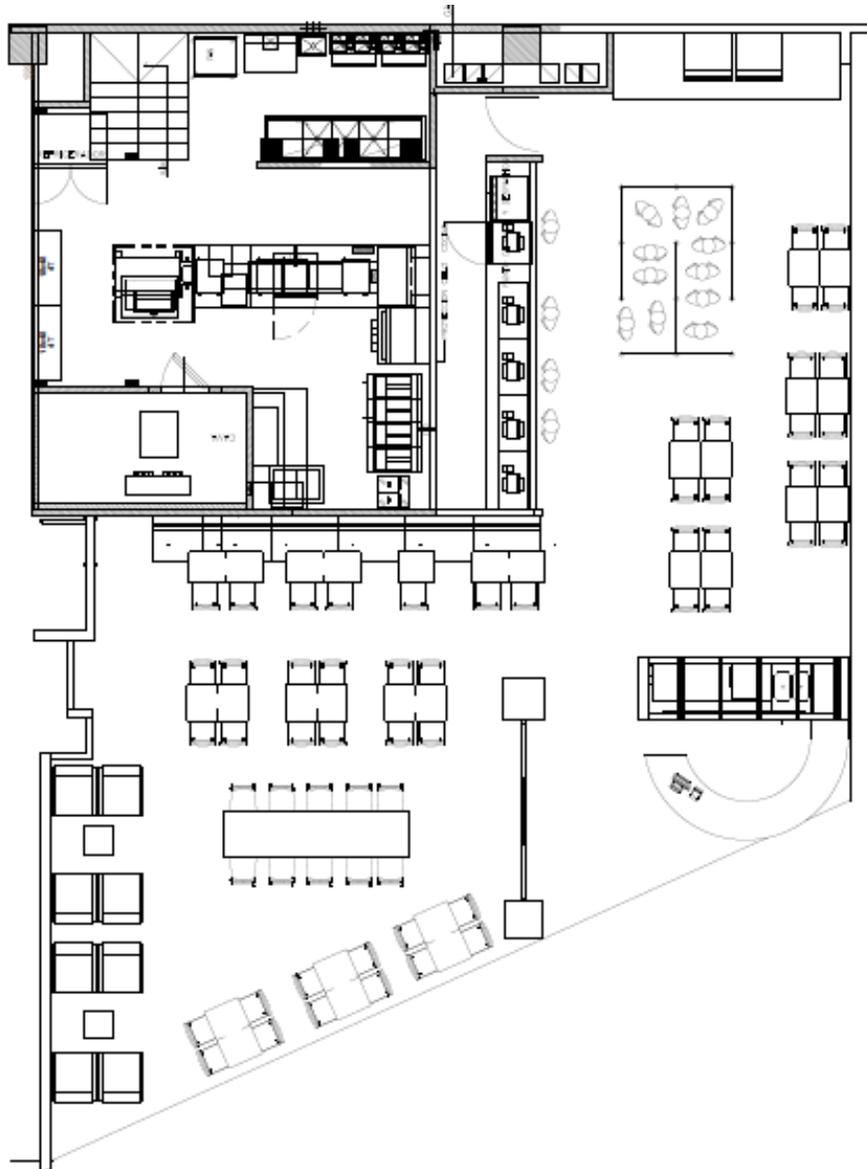
- Sodano, H., Inman, D., & Park, G. (2004). *Comparación de dispositivos de recolección de energía piezoeléctrica para recargar baterías*. Recuperado el 18 de agosto de 2020, de <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1045389X05056681>
- SOLVENTA. (2010). *AGORA*. Recuperado el 10 de Abril de 2019, de http://www.agora.ulpgc.es/ficheros/INTRODUCCION_RENOVABLES.pdf
- Soria, W. G. (2019). *Investigación del aporte energético en la utilización de la baldosa piezoeléctrica como una fuente de energía renovable para alimentar sistemas eléctricos de iluminación de bajo consumo*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Xiong, H., Wang, L., Wang D., & Druta, C. (2012). *Piezoelectric Energy Harvesting from Traffic Induced Deformation of Pavements*. Recuperado el 20 de Julio de 2020, de <https://www.semanticscholar.org/paper/Piezoelectric-Energy-Harvesting-from-Traffic-of-Xiong-Wang/d33b48b3529bb6286f0f8234c12be97bd0266bcf#paper-header>

9. ANEXOS

ANEXO A:

Plano en AutoCAD.

A1. Plano en AutoCAD: Plano de las instalaciones del restaurante Burger King Centro Mayor.

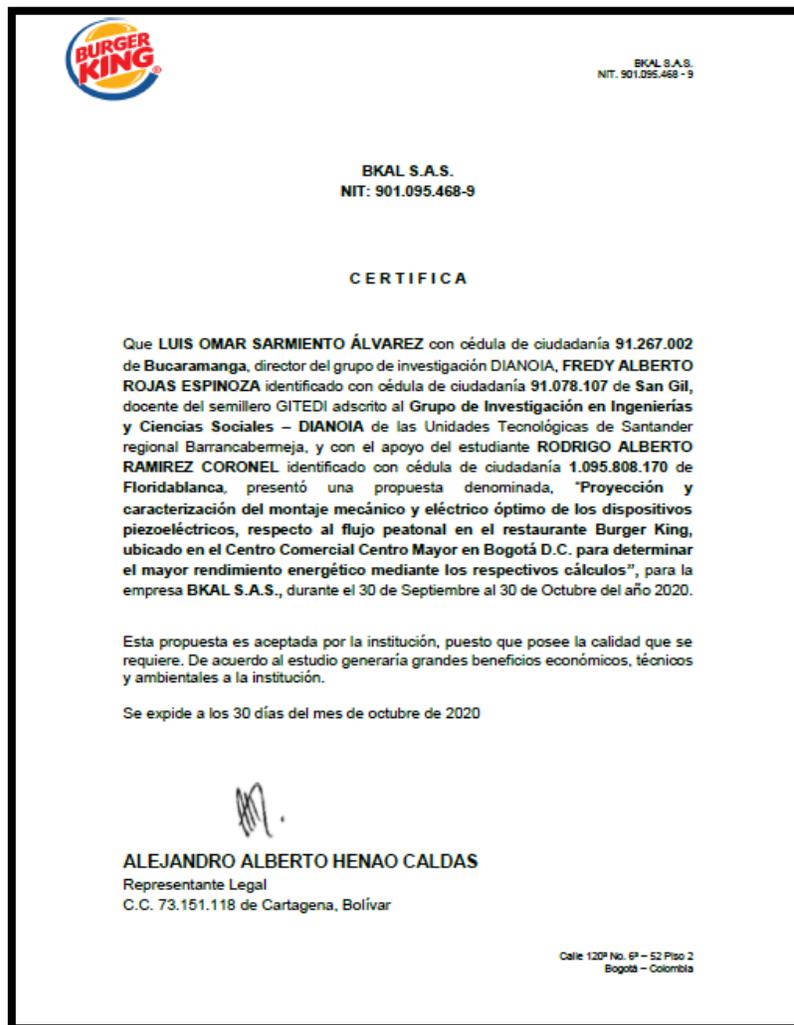


Fuente: BKAL S.A.S.

ANEXO B:

Certificación.

B1. Certificación de la propuesta: Constancia que certifica la aprobación de la propuesta denominada “Proyección y caracterización del montaje mecánico y eléctrico óptimo de los dispositivos piezoeléctricos, respecto al flujo peatonal en el restaurante Burger King, ubicado en el Centro Comercial Centro Mayor en Bogotá D.C. para determinar el mayor rendimiento energético mediante los respectivos cálculos.



Fuente: BKAL S.A.S.

ANEXO C:

INFORME DE SIMILITUD GENERADO POR LA HERRAMIENTA ANTIPLAGIO INSTITUCIONAL

Resumen de Similitud

The screenshot displays the Turnitin plagiarism report interface. The main content area shows a document preview with the following text:

uts
Unidades
Tecnológica
de Santander

DOCENCIA

PÁGINA 1
DE 85

F-DC-125 INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,
EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO VERSIÓN: 01

uts
Unidades
Tecnológicas
de Santander

Vigilancia tecnológica para determinar la factibilidad técnica, económica y ambiental de
implementar plataformas peatonales para la generación de energía eléctrica mediante
sistemas piezoeléctricos.

Página: 1 de 85 Número de palabras: 21817

Text-only Report | High Resolution Activado

On the right side, there is a sidebar titled "Resumen de coincidencias" (Summary of coincidences) showing a similarity score of 10%. Below the score, there is a list of sources with their respective similarity percentages:

Rank	Source	Similarity
1	www.web.facpya.uanl... Fuente de Internet	<1 %
2	www.concejobogota.g... Fuente de Internet	<1 %
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
4	www.readbag.com Fuente de Internet	<1 %
5	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
6	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
7	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
	danielrambla.com Fuente de Internet	>1 %

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION: