



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

**Factibilidad de central eléctrica en base a baldosas piezoeléctricas
para iluminación de una plaza de armas**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Hernandez Nuñez, Edgar Alberto (orcid.org/ 0000-0002-1306-712X)

Sanjinez Guevara, Miguel Angel (orcid.org/0000-0002-4462-3061)

ASESOR:

Mg. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús (orcid.org/ 0000-0003-4412-8789)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2022

Dedicatoria

Este proyecto de investigación está dedicado en especial a la memoria de mi recordado y querido hermano Marco Hernández Núñez, el cual en vida me apoyo de manera incondicional en muchos aspectos de mi vida; a mis padres que me enseñaron la humildad y a no rendirme ante un obstáculo y para mi esposa, mis hijos, familiares y amistades.

Edgar Alberto Hernández Núñez.

Gracias a mi madre, por ser mi fortaleza y mi principal motivadora, mi padre que me bendice allá en el cielo, a mi esposa que es parte fundamental en mi vida y mis tres hijitos, que son mi motivo de superación, por ellos es que me esfuerzo dando lo mejor de mí en lo que me he propuesto, con la finalidad de concretar mis objetivos trazados, y llegar a ser un buen profesional.

Miguel Ángel Sanjinez Guevara.

Agradecimiento

Agradecer principalmente a nuestro Señor Jesucristo por ser quien día tras día nos mantiene gozando de buena salud, tanto para nosotros como para nuestras familias, gracias a su infinito poder y misericordia, hacen posible que estemos presentes, ante esta inexorable pandemia del Covid 19, gracias a nuestro todopoderoso, ya existe la vacuna que detendrá a este virus y nos mantendrá a salvo. A mi esposa e hijos por su comprensión y apoyo. A mi hermano Marco en el Cielo que fue una de las personas que me apoyo con sus palabras.

Edgar Alberto Hernández Núñez.

Agradecimiento especial a mi familia por formar parte de esta etapa de mi vida profesional y por ser soporte de mi ser. A mi madre, esposa e hijos, por ser esa fuerza que me impulsa a avanzar, agradecer a nuestro asesor: Dr. Aníbal Jesús Salazar Mendoza, del curso de Desarrollo de Proyecto de Investigación, por impartirnos el conocimiento fundamental y guiarnos en la metodología para el desarrollo de nuestro Trabajo de Investigación, con miras a la viabilidad de nuestra tesis. Para todos aquellos amigos y compañeros de aula que aportaron a mi profesión en mi paso por la universidad. Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

Miguel Ángel Sanjinez Guevara.

Índice de contenido

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de Investigación.....	10
3.2. Variables, Operacionalización.	10
3.3. Población, muestra y muestreo.	11
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.	11
3.5. Procedimientos.....	12
3.6. Método de análisis de datos.	13
3.7. Principios Básicos de Bioética.....	13
IV. RESULTADOS.....	14
V. DISCUSIÓN.....	44
VI. CONCLUSIONES	48
VII. RECOMENDACIONES.....	49
REFERENCIAS.....	50
ANEXOS	56

Índice de figura

Figura 1. La piezoelectricidad, como energía limpia.	7
Figura 2. Efecto piezoeléctrico.	8
Figura 3. Baldosa piezoeléctrica.	9
Figura 4. Baldosas de Pavegen.	9
Figura 5. Esquema de Ejecución en el desarrollo de la investigación.....	12
Figura 6. Distribución de luminarias en una Plaza de Armas, simularemos la de Chiclayo.....	16
Figura 7.- Estructura soporte de prototipo de medición.....	24
Figura 8.- Canal para mover la base de la baldosa.....	25
Figura 9.- Soporte de altura para mover variar el nivel de profundidad donde se colocar la baldosa.	25
Figura 10.- Platina de nivel para soportar la baldosa.	26
Figura 11.- Ubicación de la platina de nivel dentro del soporte de altura y su relación con la cuña.	26
Figura 12.- Ubicación del soporte de altura con relación a la estructura.....	27
Figura 13.- Pestaña de sujeción y ubicación en la platina de nivel.	27
Figura 14.- Estructura cubierta con plancha de 2 mm de espesor.	28
Figura 15.- Ensamble con baldosa montada y accesorio.....	28
Figura 16. Factor de seguridad para fuerza máxima encontrada en la muestra. .	29
Figura 17. Análisis de fuerza máxima para FDS de 2.	30
Figura 18. Conexión a la interface.....	31
Figura 19. Pantalla del LabWiev para registrar medidas y establecer eficiencia..	31
Figura 20. Diagrama de tráfico vehicular en día Típico.	35
Figura 21. Diagrama de Tráfico Peatonal.....	35
Figura 22. Potencia Generada en Watts.	36
Figura 23. Potencia Generada por Peatones.	37
Figura 24. Oferta Total Piezoeléctrica.	38
Figura 25. Curva de demanda Eléctrica	39
Figura 26. Balance de Oferta Piezo eléctrica y Demanda de Iluminación.....	39

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Cálculo de la potencia consumida.</i>	15
Tabla 2. <i>Tipo de luminaria, según distribución.</i>	16
Tabla 3. <i>Características técnicas de las baldosas piezoeléctricas.</i>	18
Tabla 4.- <i>Zancada de personas de la muestra tomada.</i>	19
Tabla 5.- <i>Longitudes máximas de la zancada.</i>	20
Tabla 6.- <i>Peso los individuos de la muestra tomada.</i>	20
Tabla 7.- <i>Pesos máximos, mínimo y promedio encontrados en la muestra.</i>	22
Tabla 8.- <i>Forma que debe soportar el prototipo</i>	22
Tabla 9.- <i>Longitudes de baldosas que deben ingresar al prototipo de evaluación</i>	22
Tabla 10.- <i>Cargas máximas para la baldosa piezoeléctrica.</i>	23
Tabla 11.- <i>Longitud acumulada según cantidad de pasos dados de zancada máxima.</i>	23
Tabla 12.- <i>Energía que puede generar las baldosas piezoeléctricas.</i>	24
Tabla 13.- <i>Fuerza máxima para lograr FDS 2</i>	30
Tabla 14.- <i>Detalle de parámetros para calcular eficiencia.</i>	32
Tabla 15.- <i>Vehículos que circulan por la Plaza de Armas de Chiclayo, Día normal de Semana.</i>	33
Tabla 16.- <i>Tráfico Peatonal, Día Típico.</i>	34
Tabla 17. <i>Capacidad de almacenamiento de energía necesaria.</i>	40
Tabla 18. <i>Costos para la implementación del proyecto.</i>	42
Tabla 19. <i>Costos de mantenimiento del proyecto.</i>	42
Tabla 20. <i>Data utilizada en el análisis económico.</i>	43
Tabla 21. <i>Indicadores económicos VAN y TIR.</i>	43

Resumen

El presente trabajo de investigación muestra la factibilidad de una central eléctrica en base a baldosas piezoeléctricas para iluminación de una plaza de armas. El principio es el aprovechamiento de la energía piezoeléctrica usando el método de cosecha de energía a través de una red distribuida especialmente que colectan la energía a través de baterías, ofreciendo así aplicar una nueva forma de generación de energías limpias.

En ese sentido, la principal motivación para desarrollar esta investigación se basa en implementar un servicio público que a la vez sirva para concientizar a las personas sobre el uso de energía renovables. Por lo tanto, se determinó que un lugar idóneo para implementarlo es en alguna plaza de armas, en este caso de la localidad de Chiclayo, ya que son lugares muy transitados por personas y vehículos durante todo el día.

Se realizó una evaluación al tránsito peatonal y vehicular logrando así ubicar la mejor zona de tránsito, donde se realizó un registro durante un determinado día. Estos datos fueron utilizados para el cálculo de generación de energía piezoeléctrica, donde se determinó la oferta energética (Producción Piezoeléctrica conjunta), lo cual determina una energía diaria en un día tipo de 108.59 Kwhr/día.

El sistema de generación se evaluó económicamente donde los resultados que se obtuvieron fueron un TIR igual a 35.80% y un VAN de S/. 11 549.34, considerando el retorno de la inversión, el costo de mantenimiento anual de S/. 2106.00 y un cambio de baterías a los 8 años aproximadamente por el tipo de conexión que se realizó, porque esta conexión reduce el tiempo de vida promedio de 10 años a 8 años, cuyos datos representan la viabilidad económica del proyecto se obtuvo como retorno de la inversión 2.49 años, considerándose un tiempo aceptable y económicamente viable como retorno de la inversión.

Palabras clave: Generación de energía, piezoelectricidad, factibilidad, tránsito vehicular, tránsito peatonal.

Abstract

This research work shows the feasibility of a power plant based on piezoelectric tiles for lighting the plaza de armar. The principle is the use of piezoelectric energy using the method of harvesting energy through a distributed network especially that collect energy through batteries, thus offering to apply a new way of generating clean energy.

In that sense, the main motivation to develop this research is based on implementing a public service that at the same time serves to make people aware of the use of renewable energy. Therefore, it was determined that an ideal place to implement it is a main square in the town of Chiclayo, since they are places heavily traveled by people and vehicles throughout the day.

An evaluation of pedestrian and vehicular traffic was carried out, thus achieving the location of the best transit area, where a record was made during a given day. These data were used to calculate piezoelectric power generation, where the energy supply (Joint Piezoelectric Production) was determined, which determines a daily energy on a typical day of 108.59 Kwhr/day.

The generation system was evaluated economically where the results obtained were an TIR equal to 35.80% and a V of S/. 11,549.34, considering the return on investment, the annual maintenance cost of S/. 2106.00 and a change of batteries at approximately 8 years due to the type of connection that was made, because this connection reduces the average life time from 10 years to 8 years, whose data represents the economic viability of the project was obtained as return of the investment 2.49 years, considering an acceptable and economically viable time as return on investment.

Keywords: Power generation, piezoelectricity, feasibility, vehicular traffic, pedestrian traffic.

I. INTRODUCCIÓN.

El uso de las fuentes en energías limpias se mantiene en vías de desarrollo, buscando la sensibilización social por el cuidado del medio ambiente. Si bien es cierto, el avance tecnológico en el campo energético, toma suma importancia en el aspecto económico, apostando por este nuevo tipo de tecnologías sostenibles. En nuestro contexto sabemos que las ciudades en el mundo, necesitan grandes cantidades de energía eléctrica para la iluminación de sus calles por las noches y hacerlas más transitables y seguras, como consecuencia, hay un incremento de demanda y consumo de energía. Es por ello que, ante esta problemática a nivel mundial, es de vital importancia que tratemos de fomentar en contrarrestarla, buscando otros tipos de tecnologías modernas que puedan generar energía, pero de manera limpia e inagotable, con la finalidad de reducir el efecto invernadero que perjudica nuestro ambiente; estamos en una búsqueda de recursos que generen constantemente energía eléctrica, pero sin perjudicar nuestro planeta.

Por esta razón que organizaciones, entidades, universidades, e instituciones, como esta casa de estudios, están apostando en fomentar la investigación en nuevas tecnologías limpias para obtención de energía eléctrica, pero de manera viable y segura utilizando la tecnología "Energy Harvesting" que su traducción significa: "recolección o captación de energía aprovechando cantidades ínfimas de energía", reutilizando la energía cinética de las personas al caminar, con la misión de lograr almacenarla a través de baterías para utilizarla posteriormente.

Es así que se considera a la piezoelectricidad como un fenómeno, a través del cual, al aplicar una fuerza o presión en un tipo de cristal, este se deforma generando una polarización eléctrica en su interior y crea cargas eléctricas en su superficie. Acciona (2018). Ver Anexo 03.

La realidad problemática de la investigación es que hay carencia de energía eléctrica en algunas zonas de Chiclayo donde el fluido eléctrico es escaso y no tiene llegada a algunos sectores, teniendo en cuenta el tránsito concurrido de las calles y plazas, el cual se convierte en un recurso potencial cinético, para emplearlo en la generación de energía limpia. Se considera una propuesta acertada en la realización de un estudio de factibilidad de central eléctrica en base a baldosas piezoeléctricas para iluminación de una plaza de armas, que ayudará en algún sentido en la

obtención de energía eléctrica de forma limpia, inagotable y segura, para un sistema de luminarias led. Este estudio, tiene como finalidad, analizar y conocer a fondo, la generación a través de baldosas piezoeléctricas, tomando como base, trabajos anteriores que han estudiado esta tecnología limpia con resultados viables. Descrita la problemática, se planteó la formulación del problema mediante la siguiente interrogante: ¿Cómo Desarrollar análisis de factibilidad de una central eléctrica en base a baldosas piezoeléctricas para generar energía eléctrica suficiente para iluminación de la plaza de armas?

y los problemas específicos: ¿Cuál es el conocimiento que se tiene de la tecnología piezoeléctrica como potencial energético?, ¿Hay falta de desarrollo de tecnologías alternas para generación de energía?, ¿Hay necesidad de investigar nuevas formas de generar energía limpia?, ¿Falta de implementación de la tecnología piezoeléctrica como fuente de generación eléctrica?

Este trabajo de investigación se justificó técnicamente, ya que permitió desarrollar una fuente de generación eléctrica para sistemas led de baja potencia, donde se realizaron y desarrollaron los antecedentes de otras investigaciones que permitieron ampliar acerca de la piezoelectricidad. Este trabajo, pretende ser un modelo para otras investigaciones que realicen a futuro en el estudio de la piezoelectricidad, ya que contiene positivamente un gran impacto socioambiental, que no solamente aportará a la alimentación de energía, a su vez, al manejo eficiente de los remanentes sólidos.

Asimismo, en la justificación social, se pretendió incentivar una cultura de generación de energías limpias, informar a la población de la nueva forma de generar electricidad de baja potencia, utilizando la tecnología como la piezoelectricidad, donde cada familia puede implantar un modelo en casa, similar a este prototipo para iluminación, haciéndoles saber que ellos son parte del desarrollo energético de nuestro país. Esta iniciativa pretende incentivar a los gobiernos locales a implantar estos proyectos de generación de energía eléctrica para parques, semáforos, avenidas concurridas, centros de recreación, entre otros. Se justificó económicamente, ya que esta investigación es un proyecto viable y rentable si se implanta en una casa, una universidad, generando energía limpia a costo mínimo, representando un ahorro económico, aliviando los gastos de

facturación, reduciendo parte del consumo eléctrico de la red, teniendo como respaldo los acumuladores de energía proporcionada por las baldosas piezoeléctricas. El tema ambiental es un punto muy importante en esta investigación, justificándose, por las siguientes razones: la piezoelectricidad es un tipo de energía que evita el consumo de energía fósiles, impulsa a la generación de energía limpia, cero contaminaciones al ambiente en su montaje, operación y mantenimiento.

Para tal fin se establece como objetivo: Desarrollar análisis de factibilidad de una central eléctrica en base a baldosas piezoeléctricas para la generación de energía eléctrica para iluminación de una plaza de armas Chiclayo 2022.

Para ello, se desarrollarán los siguientes objetivos específicos:

El primero fue analizar el consumo eléctrico del sistema de iluminación de una plaza de armas y realizar una investigación sobre las baldosas existentes en el mercado, que empresas las distribuyen y casos de estudio de utilización en otros países, el segundo fue evaluar en base a data secundaria la generación de electricidad en baldosas piezoeléctricas, caracterizando las curvas de oferta y demanda eléctrica, así como estimar su eficiencia en la generación de energía eléctrica, el tercero fue analizar la generación de energía eléctrica de la baldosa piezoeléctrica con diferentes parámetros de diseño, uso, horarios, es decir caracterizar la oferta eléctrica, y el cuarto objetivo fue evaluar económica y financieramente la viabilidad de implementación del proyecto.

Mencionado el objetivo general y específicos, que lograron concretar esta investigación, se planteó la siguiente hipótesis para este caso de estudio: Desarrollando un análisis de factibilidad de una central eléctrica en base a baldosas piezoeléctricas para la generación de energía eléctrica se logrará iluminar la plaza de armas en la ciudad de Chiclayo 2022.

II. MARCO TEÓRICO.

El sustento de este proyecto, se apoya en varias investigaciones que argumentan el diseño de un prototipo de baldosa piezoeléctrica para generar energía eléctrica y alimentar un sistema de luminarias led. A continuación, citaremos algunos proyectos:

Según Agatón Aguirre (2016), en sus investigaciones, examinan la repercusión del impacto potencial a consecuencia de la generación de energía eléctrica, economía monetaria, al igual que el impacto que ocasiona la mitigación de emisiones de anhídrido Carbónico (CO₂). Plantean una implementación de 10 baldosas piezoeléctricas en 5 torniquetes en la entrada al campus. Las baldosas que se utilizaron fueron de la empresa Pavegen, la cual es pionera en el mercado en la actualidad. No obstante, no logró ser factible en consecuencia a la excesiva inversión, pero si resultó ser factible estimando los insumos de elaboración, que fueron elaborados con materiales afables con el medio ambiente y su gran influencia referente a la disminución de anhídrido Carbónico (CO₂) en el ambiente. Considerando que dicha propuesta, optamos por las baldosas fabricadas por la empresa PAVEGEN.

En el trabajo realizado por Morales, et al. (2016), en su análisis de la implementación de la energía piezoeléctrica, desarrolla una comparación entre diversas empresas en las que se consideran aspectos tales como: dimensiones, producción energética y disponibilidad de información; resaltando así que la empresa Pavegen es la que tiene mayor disponibilidad de información respecto a la tecnología en mención contando con dimensiones 50cm *50cm * 50cm y una producción energética de 1,7 W/ min. Morales realizó su aplicación en Cine Colombia llegando a obtener una potencia de 72 W a la conclusión que, por 42 pasos, de manera que necesita de 9677 pasos para mantener 1 día encendidas las luminarias.

Por último, en cuanto a simulación el autor Concha, et al. (2017) genera una propuesta de implementación de un sistema piezoeléctrico eléctricos, con implementación de baldosas piezoeléctricas de PAVEGEN, además una simulación con el software LINGO y su aplicación en la estación de trenes en el que analiza el

comportamiento de las personas al momento de ingreso al tren eléctrico considerando puntos estratégicos de mayor afluencia.

Para Moreno, et al (2016), tienen como propósito la implementación de una nueva tecnología, logrando el resultado no sólo para el mejoramiento del país, sino también para minorar la contaminación ambiental transformando la energía cinética en energía eléctrica mediante las pisadas de peatones y el tránsito de vehículos, con esto se obtendrá una energía que quedará almacenada en unas baterías, que posteriormente se utilizará para sistema de iluminación del pórtico de dicha Universidad, concluyendo con ellos en el diseño de generadores para baldosas piezoeléctricas, produciendo con esta propuesta, una energía eléctrica limpia y así energizar el pórtico de la universidad ya mencionada.

Así, mismo Pérez, et al. (2016), en sus investigaciones desarrolladas en México, menciona que, el efecto piezoeléctrico se produce al aplicarse un fuerza capaz de deformar un material piezoeléctrico, presentando en sus lados, un diferencial de potencial, aplicándose a dispositivos eléctricos, se recopiló información de los tipos de materiales que conforman una baldosa piezoeléctrica, con la intención de probar su viabilidad y efectividad, con el propósito de convertirlos en una fuente de generación limpia, como por ejemplo en iluminación led.

Para Sotelo, et al. (2018), quienes con la ayuda de los integrantes de la misma casa de estudios, los visitantes que ingresen y salgan; se realizó la evaluación de los dispositivos piezoeléctricos disponibles especificando también el tamaño de la plataforma piezoeléctrica, reconociendo redes y equipos eléctricos que se necesiten para la construcción del sistema de generación piezoeléctrica, con la finalidad de obtener los resultados de utilizar los dispositivos en las entradas y salidas peatonales, no solo para las universidades, empresas, etc. Presidiendo de un tránsito constante de peatones, será la forma de ser viable para la fuente de alimentación del alumbrado.

Por otro lado Malmcra (2018), describe la estructura de su proyecto, definiendo los objetivos en el estudio del aprovechar la energía mecánica residual que producen los vehículos y transformarla en energía eléctrica, como también la metodología del trabajo, con la intención de que sea entendible para el lector de a

pie. Utilizan dos softwares simuladores como Simulink y Multisim. Su estudio se divide en tres partes: el efecto piezoeléctrico donde da a conocer que son los materiales piezoeléctricos, sus usos, y su tecnología; el estudio de los piezoeléctricos, donde da a conocer el funcionamiento de estos transductores, su principio, diferencia entre serie y paralelo y por último la caracterización del modelo de carga.

Según Jaramillo (2018), comenta sobre un diseño de baldosas inteligentes en el alto tráfico del transporte público. Su metodología es prospectiva por lo que se necesita reconocer los beneficios económicos como sociales, teniendo en cuenta que ya ha sido viable en otras áreas de instalación por lo que se viene realizando un análisis de aceptación de esta novedosa tecnología para el país. Se utilizó el piezoeléctrico PZT-5A, en conexión en paralelo obteniendo como resultado, evidenciar los análisis realizados en diferentes partes del mundo, con esto obtendremos la información para la instalación de este diseño en los escenarios más Transitados donde se podrá alcanzar el mayor tráfico de pisadas, analizando así la potencia por minuto de una vía muy concurrida, claro que será según la calidad que se requiera de baldosas piezoeléctricas. El tamaño del material influyó en la capacidad de generar energía eléctrica, ya que en áreas menores se registra un mejor funcionamiento que en un área de mayor dimensión, pues que estos dispositivos producirán un mayor voltaje y por consiguiente una baja capacitancia.

Para Cáceres (2018), el desarrollo de su investigación es el negocio y la comercialización de baldosas piezoeléctricas, su metodología es tomar lugares concurridos, como supermercados, universidades habitualmente transitadas, conociendo que dicho plan de negocio es impulsar al cuidado el medio ambiente, las conclusiones indicaron que se pudo realizar el plan financiero de la viabilidad económica del producto ofrecido, siendo los indicadores positivos y rentables al correr los cinco primeros años. Esta investigación la realizó en Lima – Perú, en la Universidad ESAN.

Por último Manayay (2020), en su trabajo de grado, desarrollada en Chiclayo, donde lograron conectar el sistema de iluminación led a un generador piezoeléctrico para reducir el consumo de energía, para lograr esto se tomaron

muestras de diseños no experimentales, utilizando un método técnicamente correcto y también el método de muestreo imposible adoptado por los autores. Los datos se recopilaban utilizando técnicas de observación y se investigaron utilizando herramientas de medición relevantes.

Este estudio comienza con un análisis del consumo de energía de la iluminación del piso de discordancia para determinar el consumo de energía. Los parámetros eléctricos del generador piezoeléctrico se determinan generando cada elemento con un voltaje de 11.26 V y una corriente de 1 mA. Presentados los trabajos previos, como antecedentes que sustentan esta investigación, a continuación, se mencionan teorías relacionadas al tema de estudio, que fueron de gran ayuda para el desarrollo de este trabajo., Rodríguez (2019).

A manera de reseña histórica sobre la piezoelectricidad, podemos mencionar que, en el año de 1880, los hermanos Jaques y Pierre Curie crearon un invento llamado efecto piezoeléctrico, teniendo como sustento la compresión del cuarzo, Yacarini (2017). Ver Anexo 03.

Esta nueva forma de crear energía, fue llevada y aplicada en la primera guerra mundial, mediante sonares, para generar ultrasonidos en el rango de 10 kHz, se buscaron soluciones en piezoeléctricos sintéticos, ya que esta propuesta consumía demasiada energía, Córdova (2017). La piezoelectricidad, es una propiedad que tienen ciertas sustancias no conductoras, cristalinas, al presentar cargas eléctricas negativas en sus lados al deformarse», (Chapter, 2019). Ver anexo 04.

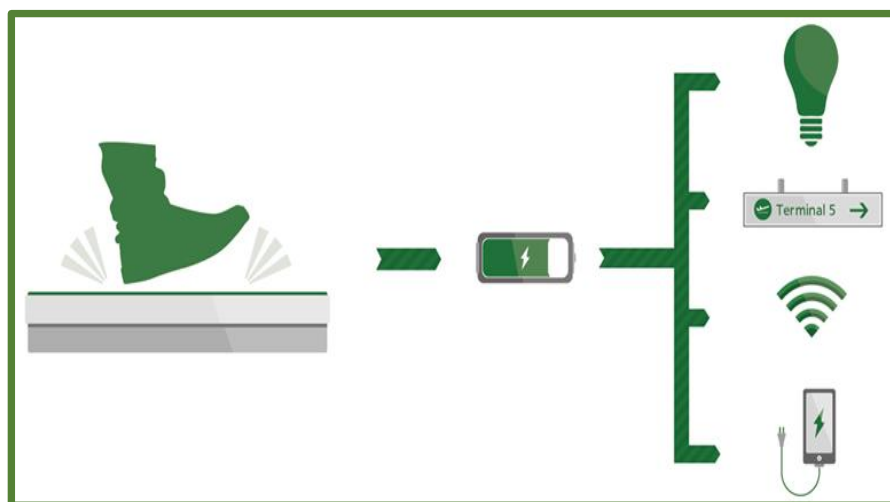


Figura 1. La piezoelectricidad, como energía limpia.

Fuente: (Energía Verde, 2018).

El efecto piezoeléctrico, es una propiedad de materiales como los cerámicos y los cristales, donde al ejercerles una presión o carga, reaccionan generando impulsos eléctricos, Dahyna (2017).

Los materiales piezoeléctricos, se pueden dividir en dos grandes grupos, donde tienen la propiedad de deformarse o polarizarse, o viceversa, los materiales sintéticos se tienen que transformar o procesar para que desarrollen la capacidad piezoeléctrica, y los naturales, como el cuarzo, y la turmalina, estos no se pueden modificar, su estructura natural es así, como su nombre lo indican, se encuentran en la naturaleza, Solís (2018). Ver Anexo 05.

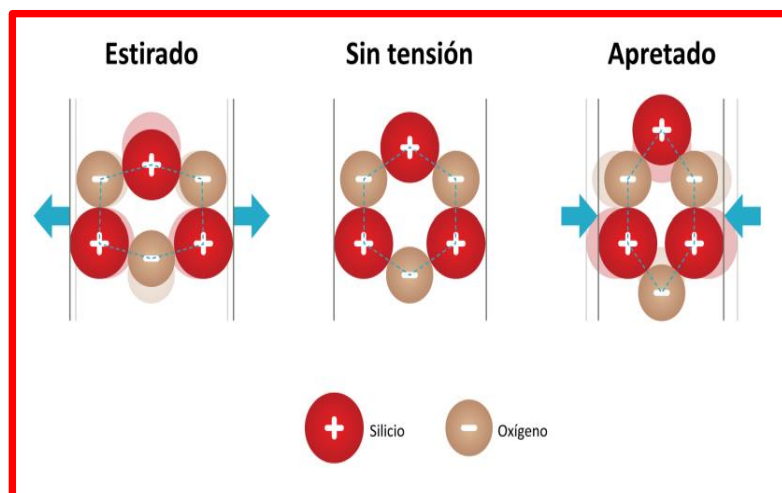


Figura 2. Efecto piezoeléctrico.

Fuente: (Nano, 2017).

La producción de energía a partir de las baldosas piezoeléctricas se permite por las propiedades de la estructura de los cristales, ciertas cerámicas 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, lo cual genera un potencial eléctrico. Ver Anexo

Las baldosas piezoeléctricas, es cada más el interés a nivel mundial, de parte de científicos y entidades por encontrar energías limpias que logren sustituir a las que conocemos actualmente proveniente de energía fósil. En el Perú es muy reducida la utilización esta tecnología, debido a que el país depende mayormente de la energía producida por las Centrales térmicas e hidroeléctricas, implementar en nuevas alternativas repercutiría en un impacto ambiental y en ahorro económico, según indica Construdata (2013).



Figura 3. Baldosa piezoeléctrica.

Fuente: (Universidad San Carlos , 2017).

“Pavegen se encuentra ubicada en el Reino Unido y la empresa Innowattech se encuentra ubicada en Israel, ambas crearon unas baldosas que son capaces de transformar la energía cinética producida al momento de ser comprimidas por la aplicación de una fuerza o presión que se ejerce sobre ellas y como resultado producirá energía eléctrica para abastecer las redes del alumbrado público y cualquier establecimiento”. Construdata, (2013).

Las baldosas creadas Pavegen Systems, empresa inglesa que inició en 2009 por Laurence Kemball-Cook, tienen un tamaño de 45 x 60 cms, están pensadas para zonas en las que se concentra mucha gente, como estaciones de tren, de metro, de autobús, aeropuertos, colegios y centros comerciales. La energía generada por millones de pisadas puede ser utilizada en múltiples aplicaciones, como iluminación de señales, anuncios digitales o zonas Wi-fi. Geographic, (2014).

En la siguiente imagen se pueden observar las baldosas de la empresa Pavegen.



Figura 4. Baldosas de Pavegen.

Fuente: Pavegen (2014)

III. METODOLOGÍA.

3.1. Tipo y diseño de Investigación.

Tipo de investigación: es Aplicativa; fueron utilizados conocimientos físicos, matemáticos, obtenidos en la etapa de formación universitaria, para efectuar los cálculos necesarios y determinar la capacidad de potencia generada, por la baldosa piezoeléctrica.

Diseño de la investigación: Es no experimental transversal explicativo, pues no se consideró que la variable independiente fuera manipulada como tentativa de experimento, no obstante, se tomó en cuenta los antecedentes y situaciones ya existentes.

3.2. Variables, Operacionalización.

Definición conceptual: Una central eléctrica, es una instalación con un conjunto de elementos, capaz de convertir la energía mecánica, obtenida a través de otras fuentes de energía primaria (en este caso como es la baldosa piezoeléctrica), en energía eléctrica.

La iluminación fue definida como el flujo luminoso que incidió sobre un área o superficie. Su unidad de medida fue el Lux. Se denomina luminancia o brillo fotométrico a la luz procedente de los objetos hacia un entorno.

Visualizar Matriz de Operacionalización de las variables en Anexo 01.

Definición operacional: Una baldosa piezoeléctrica es un dispositivo que transforma la energía cinética, originada de las pisadas de los peatones, en unos 5 o 7 Watts en función de la deformación producida por el peso o fuerza aplicada, esta energía es almacenada y luego es usada a través de unos inversores.

Este tipo de baldosa piezoeléctrica, está pensada para entornos urbanos con un elevado tránsito o afluencia de personas, como por ejemplo en estaciones de metro o en plazas.

Capacidad de generación como la producción de electricidad debido, principalmente, a que la electricidad no se puede almacenar a costos razonables

Variante independiente: Central eléctrica piezoeléctrica.

Variable dependiente: Generación de energía eléctrica.

3.3. Población, muestra y muestreo.

Población y muestra: En este contexto, la población y la muestra, estuvieron constituidas por una central de generación piezoeléctrica, para la generación de energía no contaminante y limpia para un sistema de iluminación tipo led.

Muestreo: Muestreo no probabilístico.

3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.

Técnicas de recolección de datos: En este contexto, las siguientes técnicas fueron utilizadas en el campo de la investigación:

- a.) **Observación:** Esta técnica nos da un conocimiento de la realidad, mediante un directo contacto, utilizando los sentidos.
 - Se caracterizaron los tipos de baldosas piezoeléctricas, el tipo de material, el tipo de circuito de conexión.

- b.) **Análisis Documentario:** Consiste en extraer términos que mejor definan la investigación, de manera que se pueda conocer el tema.
 - Esta técnica, se empleó con el propósito de recopilar información, sobre la tecnología y su principio de funcionamiento, e libros, papers, artículos científicos.

c.) **Instrumentos de recolección de datos:** Es prioritario determinar los datos, en el diseño del proyecto con baldosas piezoeléctricas.

Se utilizaron en esta investigación los siguientes instrumentos:

a) **Guía de observación.**

- Factibilidad del proyecto.

b) **Ficha de registro.**

- Para registrar los valores, de las diferentes mediciones que se efectuaron con los cálculos previos.

Validez y confiabilidad: Esta investigación es examinada por especialistas expertos en el tema, donde se realizó una interpretación correcta de los resultados. Se producen resultados de gran consistencia y coherencia a través de un instrumento.

3.5. Procedimientos.



Figura 5. Esquema de Ejecución en el desarrollo de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Método de análisis de datos.

Los datos se analizaron mediante la técnica de Estadística Descriptiva, considerando Promedios y Varianzas para generar conclusiones de la eficiencia de las baldosas según el prototipo diseñado.

3.7. Principios Básicos de Bioética.

En este trabajo se respetaron los derechos de la propiedad intelectual.

Cabe resaltar, que los resultados son íntegros y veraces.

Dignidad y custodia en la identidad de los aportantes que participaron en esta investigación.

IV. RESULTADOS.

4.1 Analizar el consumo eléctrico del sistema de iluminación de una plaza de armas y realizar una investigación para conocer sobre las características de las baldosas existentes en el mercado.

Para el análisis del consumo eléctrico de las luminarias concernientes en una plaza de armas, se inició investigando y realizando cálculos de la Potencia que consumen las luminarias en una plaza de armas, en este caso, valga la redundancia, tomaremos como referencia la Plaza de Armas de la Ciudad de Chiclayo.

En el contexto, en la remodelación de la obra de la plaza de Armas de la ciudad de Chiclayo, de la región Lambayeque, que se realizó en el año 2017, los trabajos de renovación del sistema de iluminación de dicha zona, donde se instaló un moderno sistema de alumbrado público tipo LED que otorgó una iluminación mejorada y contribuyó a una mayor seguridad a miles de habitantes que utilizan este espacio público.

Esto, además permitió un ahorro energético en un rango cercano al 50 % a la Municipalidad Provincial de Chiclayo.

En esta plaza mencionada líneas arriba, se instalaron 63 luminarias marca Belga Schröder, modelo Teceo 1, de 48 led, que cumplen con la Norma Técnica de Iluminación para este tipo de espacios.

Seguidamente, se presenta una lista de los equipos en un cuadro resumen y el cálculo de la potencia consumida por estos equipos, que forman parte del sistema de iluminación de la Plaza de Armas de Chiclayo y su distribución.

Tabla 1. Cálculo de la potencia consumida.

Descripción	Cantidad de Poste / Unidad	Nº de Luminarias	Tipo de Tecnología	Voltaje (AC)	Corriente (A)	Potencia Consumida (W)	Frecuencia (Hz)	Factor de Potencia (F.P.)	Total de Luminarias	Total de Potencia consumida (kW)
Luminaria de Aluminio y vidrio templado Led Marca belga Schröder, modelo Teceo 1, de 48 led, IP 66 y con rango de Tº de -30 °C a +55 °C / -30 °F a 131 °F (con efecto viento) y vida útil de 100,000h - L95	17	3	Led	220	0.35	73.92	60	0.96	51	3.76992
Downlight para Empotrar Redondo 1 Luz LED 30W LF Marca Phillips	8	*****	Led	220	0.136364	30	60	n.e	*****	0.24
Luminaria esférica con Ampolla y pastoral, marca Phillips	4	*****	Ampolla	220		70	60	n.e		0.28
Reflector Led marca Phillips modelo Tango 61	2	*****	Led	220		120	60	0.95		0.24
TOTAL DE POTENCIA REQUERIDA										4.52992

Fuente: Elaboración Propia

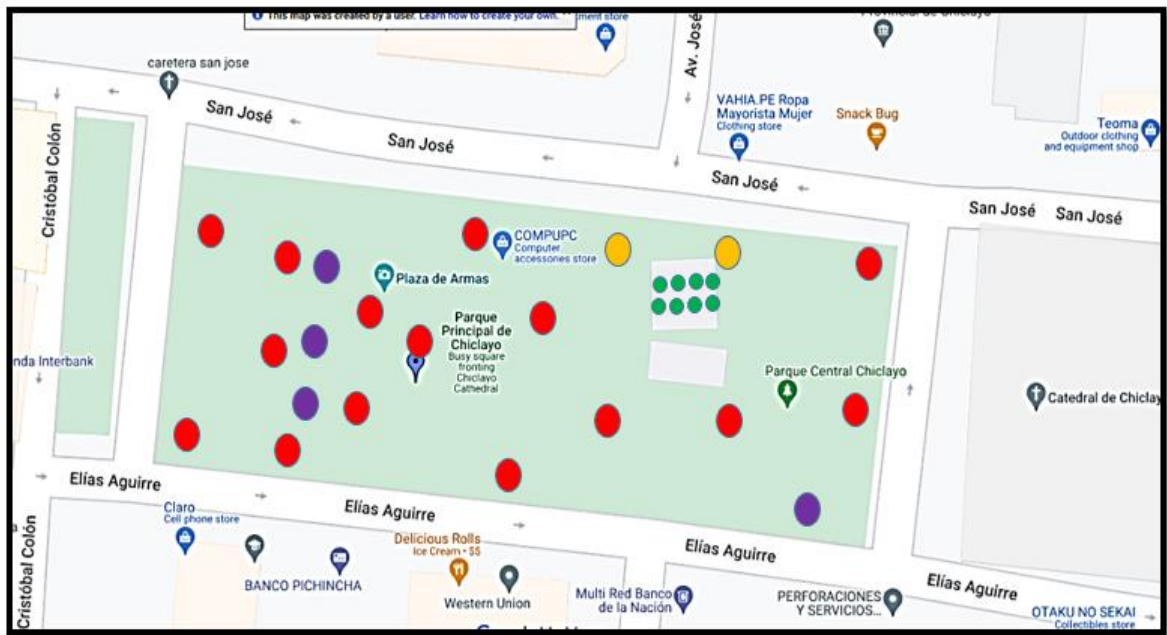






Figura 6. Distribución de luminarias en una Plaza de Armas, simularemos la de Chiclayo.

Fuente: Google Maps.

Tabla 2. Tipo de luminaria, según distribución.

Representación	Tipo de Luminaria
	Luminarias Led marca Schröder. Modelo Teceo 1, de 48 led.
	Luminarias Led marca Schröder, modelo Teceo 1, de 48 led + Reflector Led. Marca Phillips. Modelo Tango.
	Luminaria esférica con Ampolla y pastoral. Marca Phillips de 70 W.
	Downlight para Empotrar Redondo 1. Luz LED 30W LF Marca Phillips.

Fuente: Elaboración Propia.

Con la finalidad de tomar a profundidad el alcance del estudio, se obtuvo información importante al realizar una revisión bibliográfica en base a datos a nivel

mundial, donde se obtuvo información relevante para centrar el proyecto y enfocarlo en el desarrollo de dos tecnologías en piezoeléctricos.

Las baldosas creadas por la empresa Pavegen Systems, mencionada líneas arriba en el marco teórico, son las adecuadas e ideales para el proyecto de factibilidad que se desarrollará, de acuerdo a la información de antecedentes investigados.

Según la empresa Pavegen (2014), las baldosas son producidas, en la superficie superior, con caucho reciclado y más del 80% de la baldosa es producido con material reciclado, adicionalmente las baldosas en un futuro podrían reemplazar a los pisos convencionales que existentes.

Adicionalmente las baldosas de Pavegen poseen una luz LED en el centro de ésta la cual se enciende al ser pisada y consumen solo el 5% de la energía generada por pisada y el 95 % lo utilizan en iluminar un sistema LED.

Se plantea en esta investigación utilizar las baldosas piezoeléctricas Pavegen dentro del área de las avenidas más concurridas de la plaza de armas, con la finalidad de utilizar la afluencia de los peatones en dichas zonas para generar electricidad y lograr iluminar estas zonas de mayor tránsito por medio de las baldosas de Pavegen que se implementarán en este estudio de factibilidad y así almacenar y utilizar la energía producida por las pisadas sobre las baldosas, así estaremos aplicando actividades relacionadas con aplicaciones que generen conciencia sobre la importancia de cuidar al planeta.

4.1.2. Características técnicas de baldosas en el mercado.

Las baldosas piezoeléctricas utilizan la Tecnología llamada “Energy Harvesting” que significa cosecha de energía y son un tipo de tecnología nueva, por así decirlo en el mercado de generación eléctrica, recientemente Morras Barrio (2019) menciona en su trabajo de fin de grado, que solamente dos empresas son las de más relevancia en la fabricación de estas baldosas. Dichas empresas tienen en este ámbito artículos definidos hacia los cuales debe apuntar el prototipo para probar el funcionamiento real y determinar su eficiencia:

Tabla 3. Características técnicas de las baldosas piezoeléctricas.

Marca	Pavegen		PowerLeap	
Denominación	Eco-baldosa	Baldosa V3	Powerfloor	
Medidas	60	50	61	cm
	45	43	61	cm
	3	9.2	3.8	cm
Desplazamiento	5	10	5	mm
Forma	Rectangular	Triangular	Rectangular	
Capacidad	7	5	5	J/pisada
Tiempo de uso	5		3-5	Años
Material	Caucho		Terrazo	
Carga máxima	7		100	kN

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.3. Característica de funcionamiento de la baldosa.

El funcionamiento de la baldosa en la generación de energía es dependiente de dos factores:

- Zancada
- Peso.

La capacidad de generación se determina de las características técnicas de las baldosas que fluctúa para ambas empresas entre 5 a 7 Joules (J) por pisada como se muestra en la tabla 3.

Según la constatación de varias fuentes: en línea y de referencia más formal, Morras (2019), menciona que la zancada de una persona es dependiente de la altura, ya que para mujeres es un promedio del 0.413 mientras que para los hombres es de 0.415 de su altura.

Así se realizó la toma de datos de una muestra de 50 personas al azar en el tránsito cotidiano de la ciudad de Chiclayo, obteniendo la siguiente tabla:

Tabla 4.- Zancada de personas de la muestra tomada.

N°	Sexo	Altura (cm)	Edad (años)	Zancada (cm)
1	hombre	166	65	68.9
2	hombre	162	60	67.2
3	hombre	129	30	53.5
4	hombre	128	32	53.1
5	hombre	112	11	46.5
6	hombre	105	5	43.6
7	hombre	108	8	44.8
8	hombre	110	12	45.7
9	hombre	122	20	50.6
10	hombre	128	31	53.1
11	hombre	127	31	52.7
12	hombre	139	42	57.7
13	hombre	127	30	52.7
14	hombre	128	28	53.1
15	hombre	146	44	60.6
16	hombre	117	20	48.6
17	hombre	129	33	53.5
18	hombre	117	16	48.6
19	hombre	121	27	50.2
20	hombre	117	16	48.6
21	mujer	150	59	62.0
22	mujer	149	54	61.5
23	mujer	141	51	58.2
24	mujer	143	55	59.1
25	mujer	158	64	65.3
26	mujer	141	55	58.2
27	mujer	105	5	43.4
28	mujer	108	7	44.6
29	mujer	112	12	46.3
30	mujer	111	10	45.8
31	mujer	108	8	44.6
32	mujer	106	6	43.8
33	mujer	111	13	45.8
34	mujer	149	49	61.5
35	mujer	115	15	47.5
36	mujer	135	39	55.8
37	mujer	125	29	51.6
38	mujer	136	36	56.2
39	mujer	115	18	47.5
40	mujer	126	24	52.0
41	mujer	127	31	52.5
42	mujer	132	30	54.5

43	mujer	130	29	53.7
44	mujer	116	18	47.9
45	mujer	133	34	54.9
46	mujer	136	41	56.2
47	mujer	148	45	61.1
48	mujer	135	32	55.8
49	mujer	132	31	54.5
50	mujer	135	36	55.8

Fuente: Elaboración Propia.

Según los datos adquiridos se establece que las zancadas son:

Tabla 5.- Longitudes máximas de la zancada.

Hombre	Máximo	68.9	cm
	Mínimo	43.6	cm
Mujer	Máximo	65.3	cm
	Mínimo	43.4	cm

Fuente: Elaboración Propia.

Con respecto al peso también de la misma muestra generada, se determinó el peso de cada persona para determinar cuántos son los pesos máximos y mínimos en los que se desempeña la baldosa, los pesos se determinaron con una balanza análoga pero la fuerza de cada peso se estableció al producto de los kg por 9.81 determinando la fuerza de cada individuo según su peso.

Tabla 6.- Peso los individuos de la muestra tomada.

N°	Peso (kg)	Fuerza (N)
1	54	529.74
2	54	529.74
3	74	725.94
4	50	490.5
5	32	313.92
6	15	147.15
7	18	176.58
8	38	372.78
9	75	735.75
10	71	696.51

11	70	686.7
12	92	902.52
13	75	735.75
14	73	716.13
15	74	725.94
16	74	725.94
17	88	863.28
18	52	510.12
19	68	667.08
20	45	441.45
21	50	490.5
22	57	559.17
23	57	559.17
24	51	500.31
25	56	549.36
26	53	519.93
27	18	176.58
28	17	166.77
29	25	245.25
30	26	255.06
31	21	206.01
32	19	186.39
33	30	294.3
34	55	539.55
35	65	637.65
36	65	637.65
37	65	637.65
38	80	784.8
39	77	755.37
40	68	667.08
41	75	735.75
42	73	716.13
43	69	676.89
44	75	735.75
45	65	637.65
46	77	755.37
47	73	716.13
48	59	578.79
49	50	490.5
50	71	696.51

Fuente: Elaboración Propia.

Con lo que se aprecia que en la muestra se identifican los siguientes parámetros:

Tabla 7.- Pesos máximos, mínimo y promedio encontrados en la muestra.

Descripción	Valor	Unidad
Máximo	902.52	N
Promedio	556.03	N
Mínimo	147.15	N

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.4. Parámetros para el diseño de un prototipo de evaluación de las baldosas Piezoeléctricas.

El prototipo debe tener en consideración los dos tipos de parámetros mencionados:

- Características técnicas de la baldosa.
- Características de funcionamiento.

De estas características se identifican, en primer lugar, la forma que tiene la baldosa ya que el prototipo debe albergar capacidad para soportar la baldosa que se coloque sobre el deberá tener en cuenta:

Tabla 8.- Forma que debe soportar el prototipo

Forma	Parámetro
Rectangular	Variable
Triangular	

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la Tabla 7 el parámetro de forma debe ser variable deberá tener la capacidad de variar entre el análisis de una baldosa cuadrada y triangular. El siguiente parámetro establecido es el tamaño de baldosa que puede albergar el prototipo de evaluación este también debe ser variable, pero tendrá ciertos límites como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 9.- Longitudes de baldosas que deben ingresar al prototipo de evaluación

Parámetro	Mínimo (cm)	Máximo (cm)
Largo	43	61
Ancho	50	61
Espesor	3	9.2

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 8 muestra las longitudes que debe tener en cuenta el prototipo para albergar la baldosa en análisis ya que estas no son del mismo tamaño así mismo como paso con la forma, el dispositivo debe adecuarse a poder analizar las baldosas con menor y con mayor medida.

El otro parámetro a tener en cuenta es la fuerza a soportar, ya que esta entre sus máximos cuenta con dos condiciones o supuestos.

Tabla 10.- Cargas máximas para la baldosa piezoeléctrica.

Carga	Máxima	
Ficha Técnica	100	KN
Muestra	0.90	KN

Fuente: Elaboración Propia.

Según la ficha técnica la baldosa de Powerfloor es una baldosa diseñada para soportar hasta 100 kN esto es supuestamente un peso de 10 toneladas, mientras el peso máximo que se analizó en la muestra es de 92 kg así que el prototipo que se diseña a razón del máximo peso que soporta la baldosa. Ver Anexo 06.

Si bien el prototipo de evaluación tendrá un área mínima según el tamaño de la baldosa piezoeléctrica, el área máxima debe ser lo suficiente mente amplia como para lograr que una persona camine sobre ella sin conciencia de la baldosa, así teniendo en cuenta que el desarrollo de la investigación es sobre un prototipo se propone como mínimo que dicho prototipo tenga la longitud mínima de 3 pasos así sobre dicho dispositivo se asegurar que una persona camine sin reducir su velocidad ni condicionar su zancada.

Tomando como la zancada máxima conseguida se tiene:

Tabla 11.- Longitud acumulada según cantidad de pasos dados de zancada máxima.

Zancada	Longitud acumulada	
1	68.9	cm
2	137.8	cm
3	206.7	cm

Fuente: Elaboración Propia.

Por último, el parámetro que se tiene que tener en cuenta es la capacidad de generación el prototipo debe ser capaz de analizar una generación de energía de:

Tabla 12.- Energía que puede generar las baldosas piezoeléctricas.

Energía	Cantidad	Unidad
Máximo	7	J/pisada
Mínimo	5	J/pisada

Fuente: Elaboración Propia.

El diseño del prototipo de evaluación considerará todos estos parámetros de diseño para poder controlar la medición de la generación de energía en una baldosa piezoeléctrica.

4.1.5. La estructura para el prototipo

La estructura del prototipo considera una cavidad para ingresar la baldosa y la longitud suficiente para que la persona de apoyo a la medición pueda caminar sobre ella por lo menos 3 pasos y así ver el real comportamiento de la baldosa generando energía.

La estructura por lo tanto se diseña con un espacio en el centro donde se colocará la baldosa. La estructura que se propone es una estructura de fierro ASTM A36 este acero es el comercial que proporciona el comercio Aceros Arequipa, se utilizó tubería de cuadrada de 1.5 pulgadas con un espesor de 2 mm, en material llamado pesado. Ver Anexo 07.

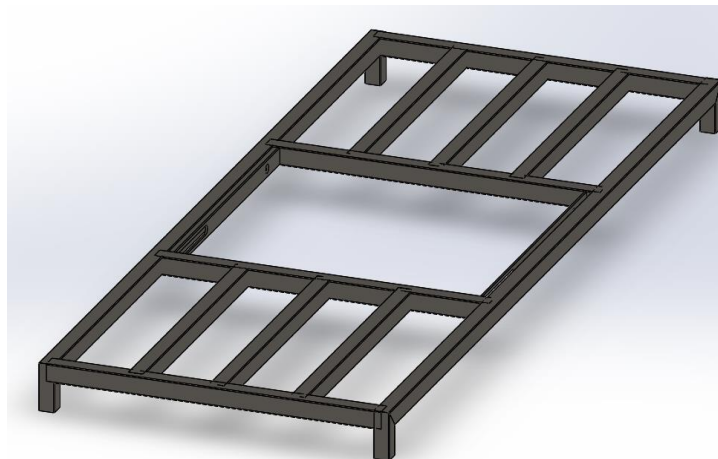


Figura 7.- Estructura soporte de prototipo de medición.

Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de la estructura en el espacio para colocar la baldosa se propone dos platinas de 3 mm de espesor para utilizarlas como riel por medio de un “ojo chino” y poder mover el soporte de la baldosa recordando que esta tiene longitudes diferentes, esta debe de moverse para lograr una dimensión de 61 cm y 43 cm.

Ojo Chino o Canal

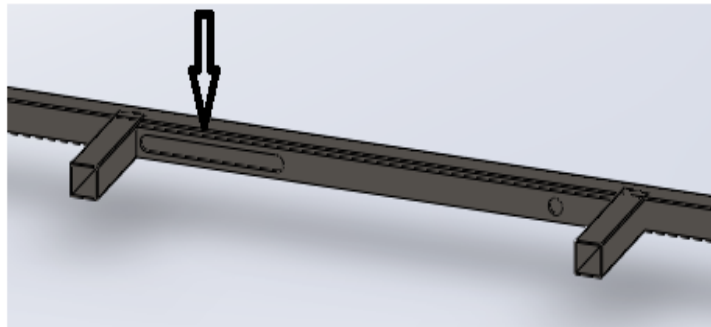


Figura 8.- Canal para mover la base de la baldosa.

Fuente: Elaboración Propia.

La propuesta del prototipo abarca también cambio de forma de la baldosa por lo que se tiene en cuenta una base diseñada para que sirva de riel y soporte el peso de la baldosa recordando que se tienen a utilizar baldosas con espesores de 3 cm, 3.8 cm y 9.8 cm así se genera la siguiente pieza nombrada “soporte de altura”.

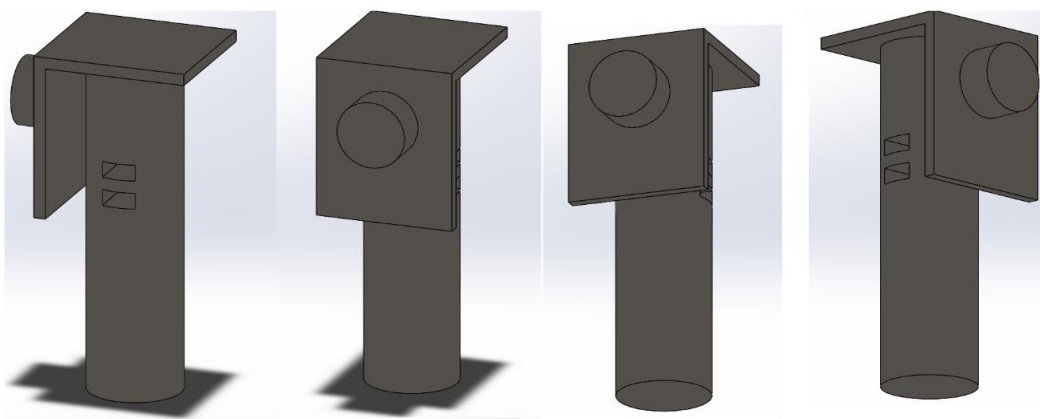


Figura 9.- Soporte de altura para mover variar el nivel de profundidad donde se colocar la baldosa.

Fuente: Elaboración Propia.

En conjunto con este soporte se propuso una platina donde se colocará la baldosa suspendida en el centro de la estructura, esta pieza se denominó “platina de nivel”.

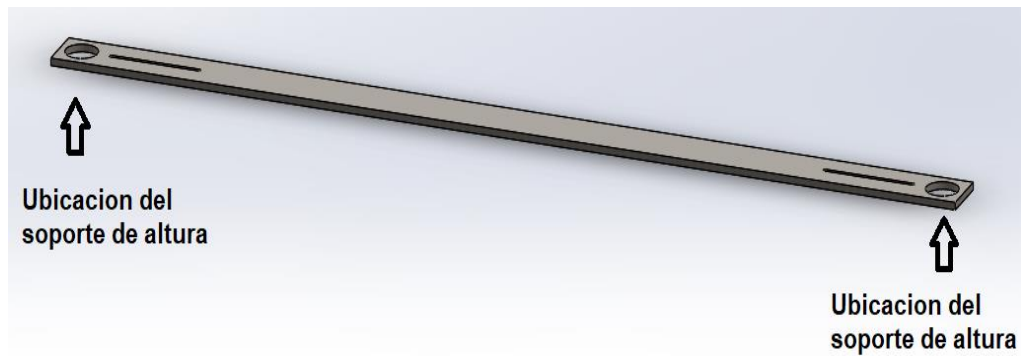


Figura 10.- Platina de nivel para soportar la baldosa.

Fuente: Elaboración Propia.

Esta platina trabaja en conjunto con el soporte de altura los agujeros que se ven en los extremos son por donde se ingresaran los soportes de altura lo que permitirá suspender las baldosas de 3 cm y 3.8 cm mediante cuñas ya que como se aprecia el soporte de altura tiene dos cavidades que permitirán concretar esta acción.

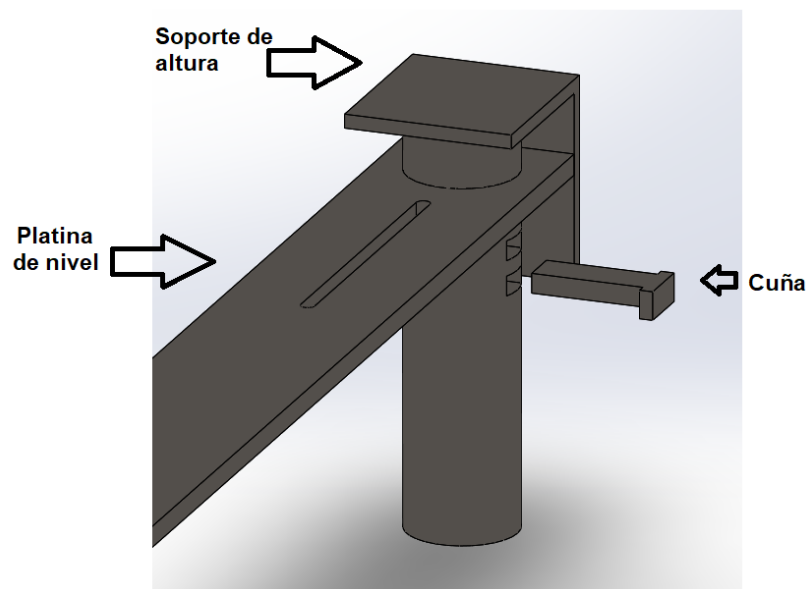


Figura 11.- Ubicación de la platina de nivel dentro del soporte de altura y su relación con la cuña.

Fuente: Elaboración Propia.

El pin del soporte de altura se la designado para que pueda encajar en el canal de la estructura de esta manera darla consistencia en la ubicación de la baldosa dentro de la estructura.

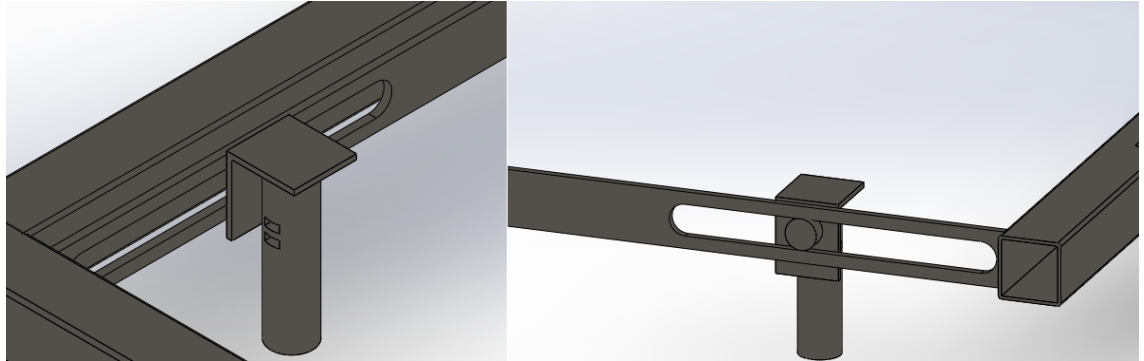


Figura 12.- Ubicación del soporte de altura con relación a la estructura.

Fuente: Elaboración Propia.

Para ubicar la baldosa en el centro de la estructura se ideó una pieza que llamamos “pestaña de sujeción” esta solamente ubicará a la baldosa en el centro de la estructura y también será corrediza por el riel ubicado en la platina de nivel.

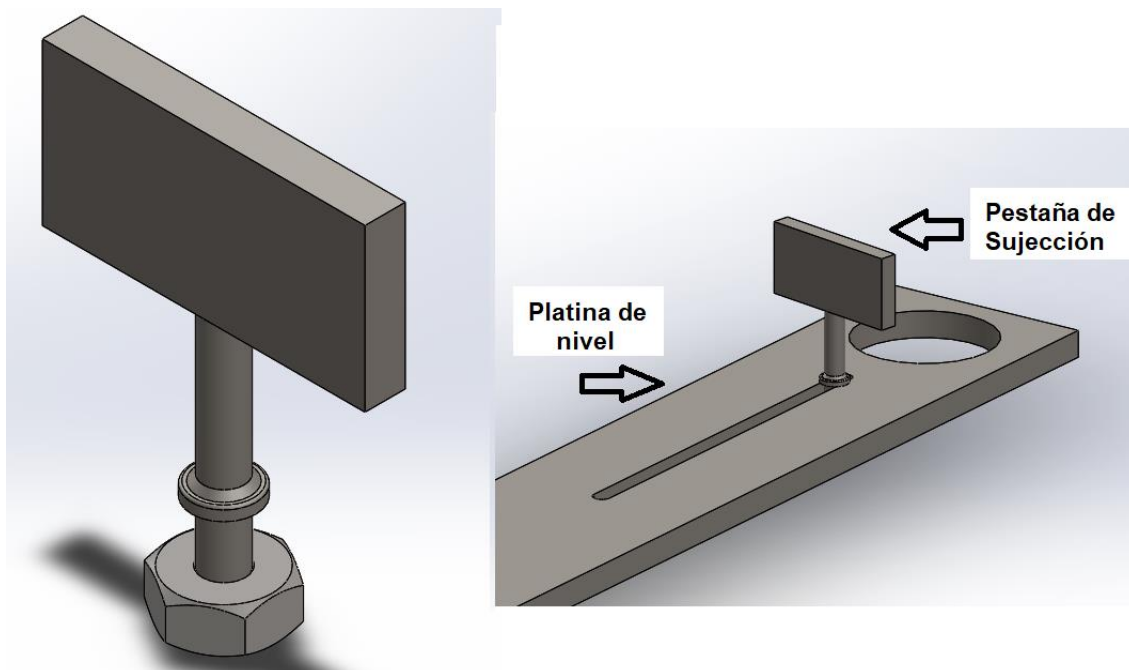


Figura 13.- Pestaña de sujeción y ubicación en la platina de nivel.

Fuente: Elaboración Propia.

La estructura se cubrirá con una plancha de 2 mm como se muestra.

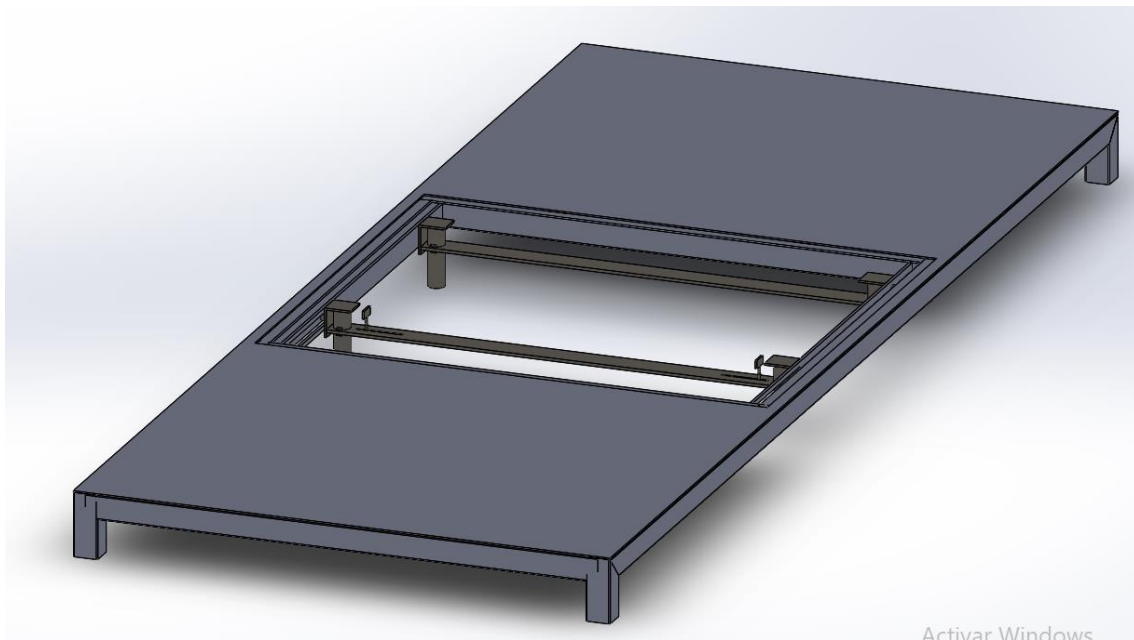


Figura 14.- Estructura cubierta con plancha de 2 mm de espesor.

Fuente: Elaboración Propia.

En el centro, la abertura de la baldosa no será totalmente tapada por la baldosa por lo que para cada baldosa a probar se deberá hacer un accesorio considerando el espacio que queda entre la baldosa y la plancha que la cubre.

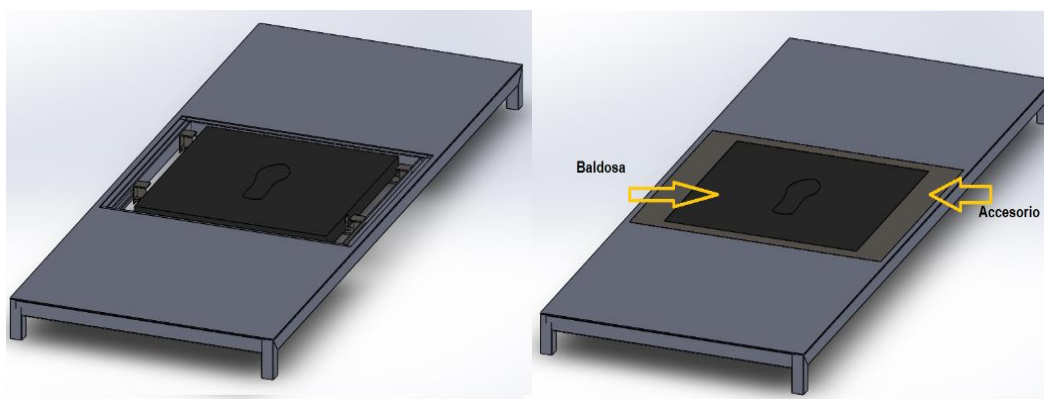


Figura 15.- Ensamble con baldosa montada y accesorio.

Fuente: Elaboración Propia.

Las medidas se propusieron y se aumentaron considerando el análisis por el software SolidWork considerando en primera instancia el peso máximo encontrado en la muestra de 50 personas es decir de 900 N. en el análisis el cual se adjunta en los anexos se muestra que el factor de seguridad para los soportes de la baldosa (Soporte de altura, platina de nivel y cuña) que son los elementos propuestos en el diseño se logró un factor de seguridad de 4.7 como se muestra.

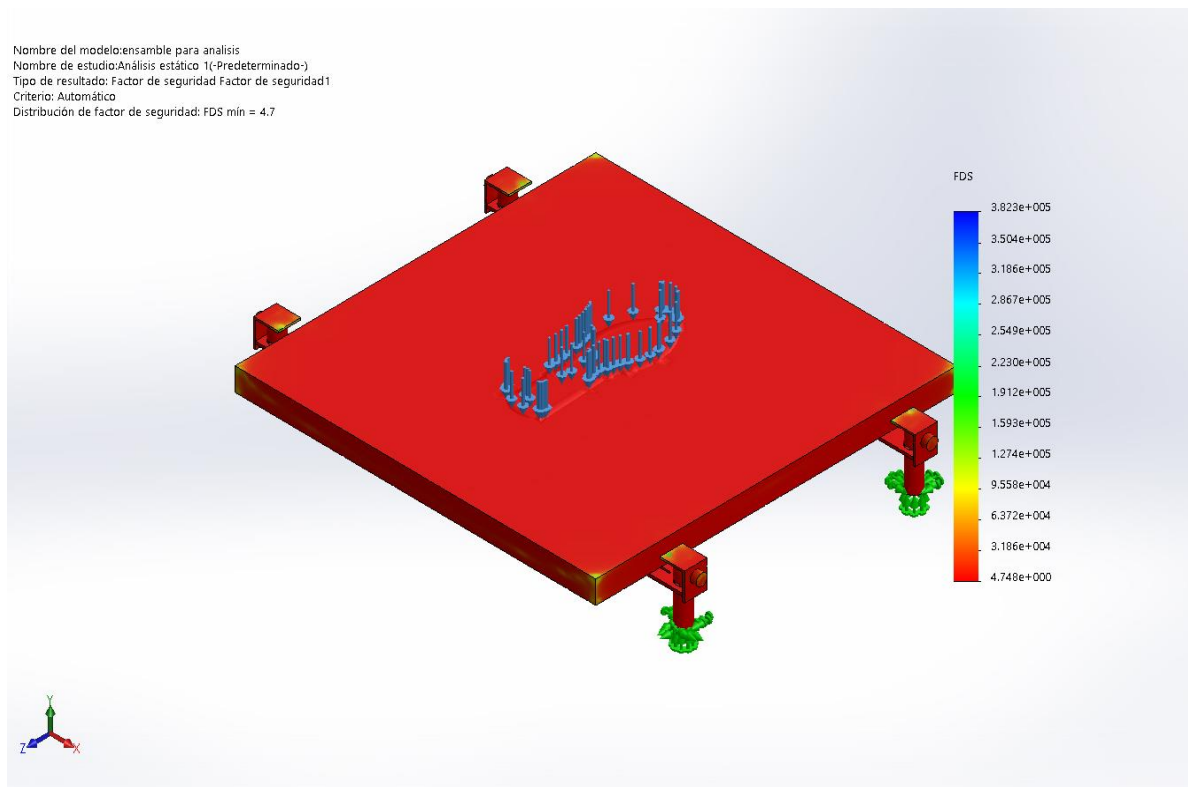


Figura 16. Factor de seguridad para fuerza máxima encontrada en la muestra.

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó otros análisis para determinar la fuerza máxima que podrán soportar los elementos considerando que el Factor de Seguridad (FDS) mínimo, según las teorías de diseño en un elemento mecánico debe ser de 2.

El análisis se desarrolló como sigue, la FDS hallado es de 4.72 mientras que el FDS requerido es de 2 por lo que la diferencia entre estos dos vendrá a ser la cantidad de veces que se podrá aumentar la fuerza sin que el FDS no baje de 2. Podemos visualizar en Tabla 13.

Tabla 13.- Fuerza máxima para lograr FDS 2

FSD	4.72	
FSD	2	
Diferencia	2.72	
Fuerza Max	900	N
Fuerza de análisis	2448	N

Fuente: Elaboración Propia.

Considerado la fuerza de la Tabla 13 se obtuvo en el análisis que el factor de seguridad mínimo es de 2 y se encuentra en la primera platina de nivel.

Nombre del modelo: ensamble para analisis
 Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad2
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2

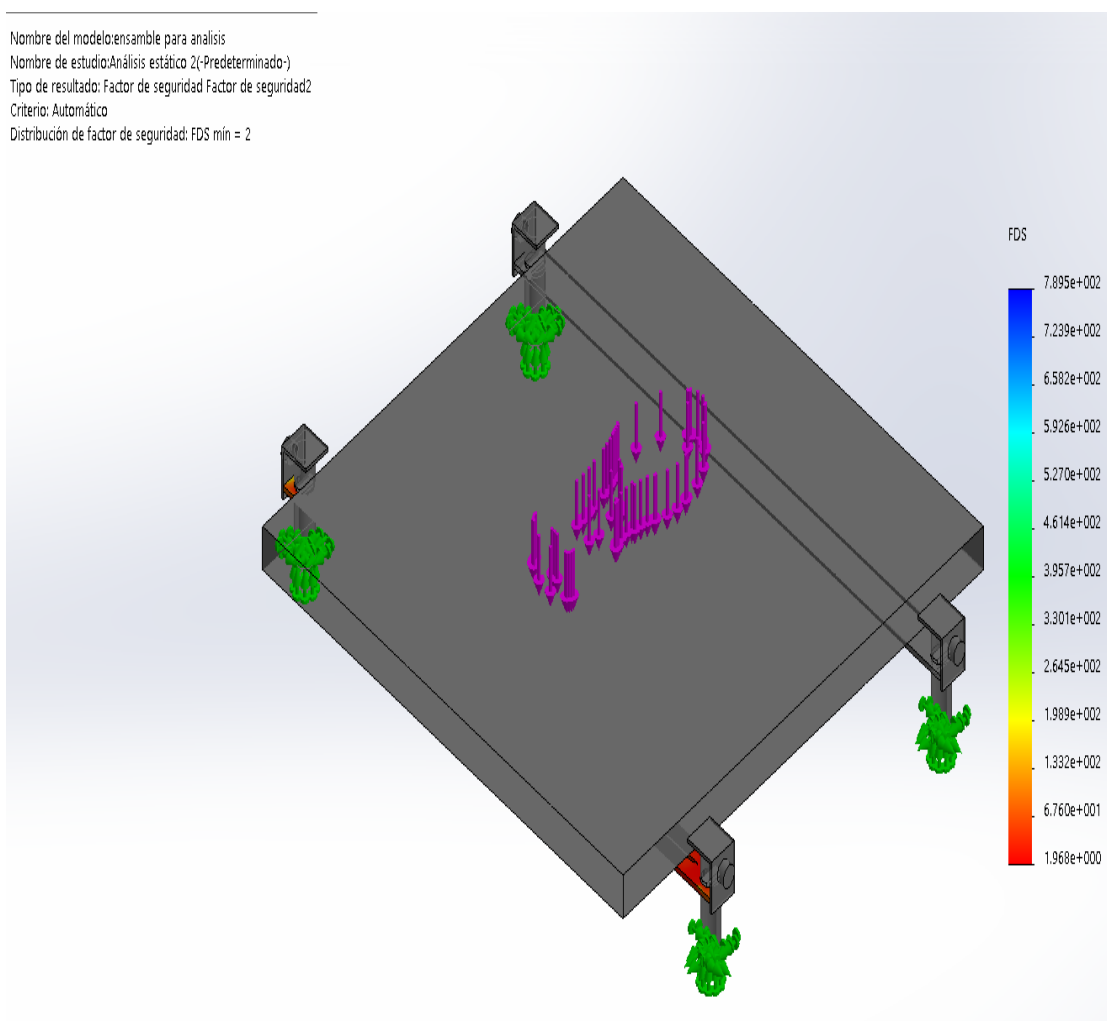


Figura 17. Análisis de fuerza máxima para FDS de 2.

Fuente: Elaboración Propia.

Por último, convirtiendo la fuerza de 2448 N a peso se tendrá que los soportes solamente podrán soportar un peso máximo de 259 Kg. Ver Anexo 02 de planos.

4.2.2. Módulo de medición

Las baldosas piezoeléctricas son dispositivos que generan parámetros energéticos de bajo nivel por así decirlos ya que la generación de energía llega como se mencionó de 3 a 7 J por pisada.

Las salidas de las baldosas piezoeléctricas se conectan a una interfaz que proporciona el ingreso de datos a la computadora, en la cual se podrán apreciar y registrar las medidas eléctricas generadas por las baldosas piezoeléctricas según las pisadas y compararlas con las óptimas según si ficha técnica.

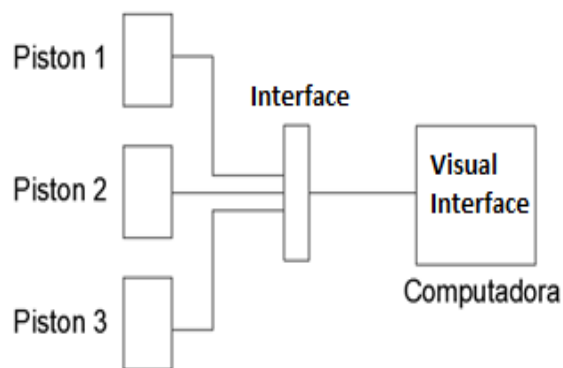


Figura 18. Conexión a la interfaz.

Fuente: Elaboración Propia.

El software utilizado es el Visual Interface:

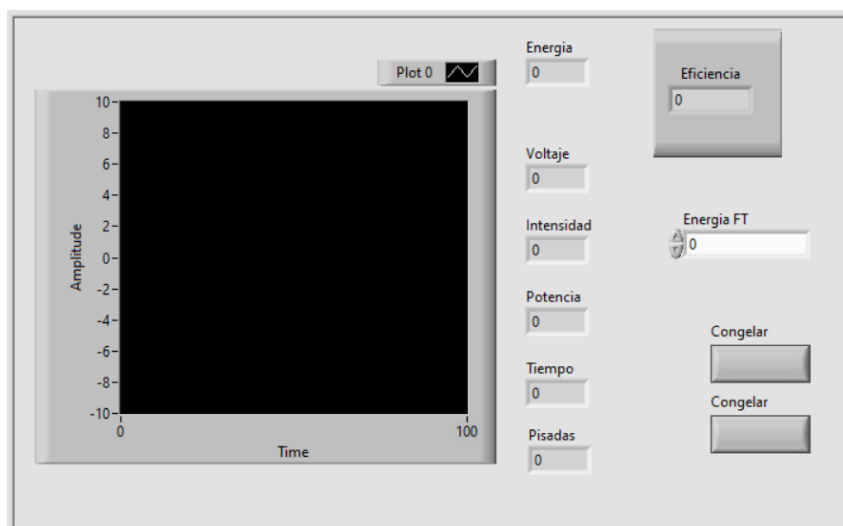


Figura 19. Pantalla del LabView para registrar medidas y establecer eficiencia.

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar la pantalla cuenta con un osciloscopio, eso es debido a que la baldosa piezoeléctrica genera energía desde que se empieza a presionar por el peso del sujeto, por lo que este dispositivo se vuelve muy importante para ver el funcionamiento de la baldosa de manera gráfica.

A la derecha del osciloscopio se registran cuatro ventanas que miden los parámetros eléctricos durante el funcionamiento de la baldosa (voltaje, intensidad, tiempo y pisadas). Y dos (potencia y energía) que no muestra mediciones sino el cálculo de los parámetros en base a las medidas registradas.

Tabla 14.- Detalle de parámetros para calcular eficiencia.

Parámetro	Detalle	Formula
Voltaje	Medición directa	
Intensidad	Medición directa	
Potencia	Calculo	Voltaje x intensidad
Tiempo	Cuenta a partir de generación de voltaje y deja de contar al terminar la generación	
Pisadas	Cuenta 1 por cada generación de voltaje continua.	
Energía	Cálculo	(Voltaje x intensidad) /tiempo

Fuente: Elaboración Propia.

Para el cálculo de la eficiencia de la baldosa se compara la energía registrada según el cálculo de las mediciones, con la energía proporcionada por el evaluador según la baldosa que se esté analizando, este parámetro se colocara en la ventana “Energía FT” y se realiza la comparación con la fórmula:

Debido a que la eficiencia es en generación de energía la medición de energía resulta.

$$\eta_{baldosa} = \frac{\text{Energía}}{\text{Energía FT}}$$

4.2. Evaluar en base de data secundaria la generación de electricidad en las baldosas piezoeléctrica, caracterizando las curvas de oferta y demanda eléctrica, así como estimar su eficiencia en la generación de energía eléctrica.

Para el caso de la generación eléctrica, tanto de potencia, bajo un diagrama de producción de energía y Potencia de acuerdo a las horas de afluencia de Peatones y vehículos, debemos de trabajar con los siguientes criterios:

Área de tránsito de Peatones: $6,110 m^2$.

Área de Tránsito de Vehículos: $5,664 m^2$.

Se considera, que toda el área, esta provista de la instalación de las baldosas piezoeléctricas y por lo tanto son generadoras de electricidad, para lo cual debemos de trabajar primero, con las frecuencias de Flujo Peatonal y el Flujo Vehicular.

Flujo Peatonal sobre el área total de baldosas, será el siguiente:

Tabla 15.- Vehículos que circulan por la Plaza de Armas de Chiclayo, Día normal de Semana.

HORA	TRÁFICO
01	800
02	450
03	100
04	100
05	100
06	450
07	450
08	800
09	800
10	1.600
11	3.200
12	5.400
13	5.400
14	3.200
15	3.200
16	5.400
17	10.080
18	11.200

19	11.200
20	10.080
21	9.070
22	5.400
23	3.200
24	1.600

Fuente: Elaboración Propia.

Podemos apreciar la misma información en forma de diagrama de carga, la cual nos da una mejor visión, de la concentración o congestión vehicular, que se logra:

Tabla 16.- Tráfico Peatonal, Día Típico.

HORA	PEATONES
01	200
02	120
03	40
04	20
05	20
06	240
07	340
08	800
09	800
10	1.600
11	3.200
12	3.200
13	5.400
14	3.200
15	3.200
16	5.400
17	15.400
18	13.200
19	11.200
20	9.400
21	8.100
22	3.400
23	1.800

24	400
----	-----

Fuente: Elaboración Propia.

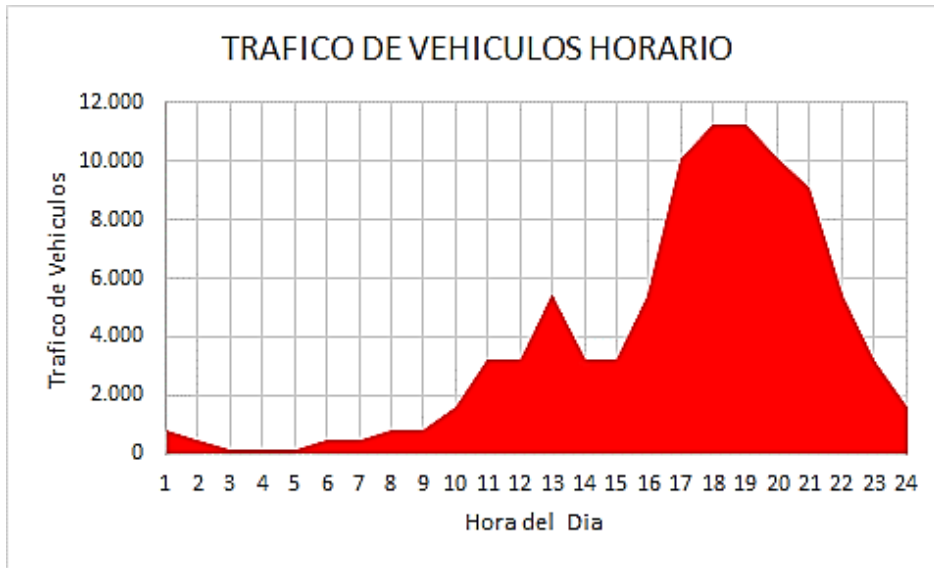


Figura 20. Diagrama de tráfico vehicular en día Típico.

Fuente: Elaboración Propia.

Para el caso del tráfico Peatonal, debemos de mencionar que este también tiene un comportamiento concentrado en horas pico, de acuerdo al siguiente detalle.

También lo podemos expresar, para su mayor comprensión, en forma de diagrama de carga horaria:



Figura 21. Diagrama de Tráfico Peatonal.

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a la data secundaria, con la que se cuenta, se obtienen los datos de generación eléctrica (en términos de voltaje e intensidad de corriente), y la potencia que es el producto instantáneo de estos dos valores, como del caso de energía, que resulte cuando se introduce el factor tiempo.

Para el caso de los Vehículos (Considerando, un vehículo promedio, de pasajeros, ligero, dos ejes), tenemos:

Tensión promedio Generada y Registrada: 13.25 Voltios

Amperaje promedio Generada y Registrada: 17.99 Mili Amperios

Potencia instantánea Generada : 0.24 Watts

Para el caso de los vehículos, la Potencia generada, estaría mostrada en el siguiente cuadro anexo:

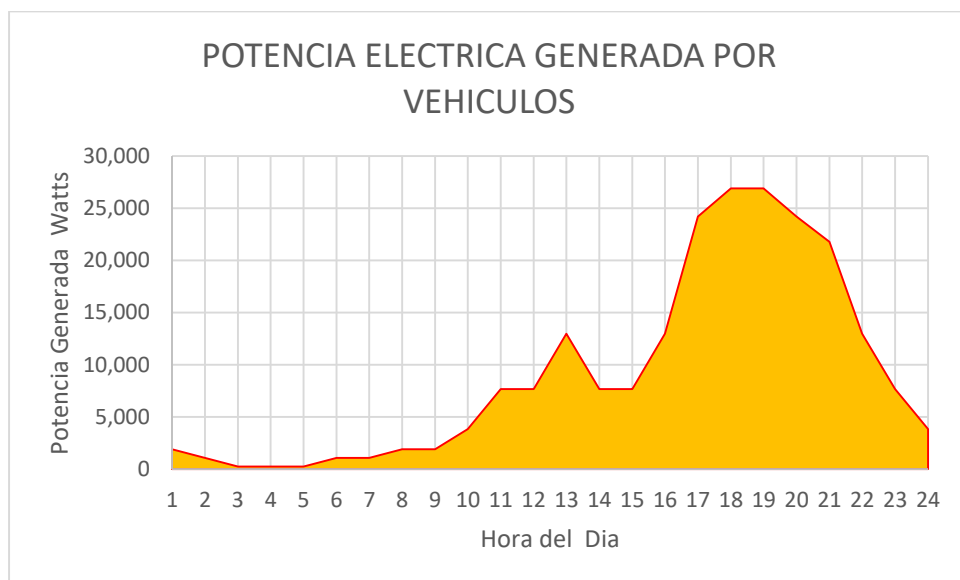


Figura 22. Potencia Generada en Watts.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3. Analizar la generación de energía eléctrica de la baldosa piezoeléctrica con diferentes parámetros de diseño, uso, horarios, es decir caracterizar la oferta eléctrica.

Del objetivo anterior, siguiendo los cálculos de la oferta eléctrica, Lo cual expresado en energía (KwHr), nos determina una energía diaria en día tipo de 218.59 KwHr/día típico (Día de Semana, en invierno, no festivo, nada extraordinario)

Para el caso de los Peatones, de acuerdo a la información estadística de tipo secundaria, trabajada, tenemos lo siguiente:

Para el caso de un Peatón promedio (considerando, un peso promedio de 60 Kg.), tenemos:

Tensión promedio Generada y Registrada : 9.34 Voltios.

Amperaje promedio Generada y Registrada: 12.54 Mili Amperios.

Potencia instantánea Generada : 0.12 Watts

Obteniéndose los siguientes cuadros de energía y Potencia generada:



Figura 23. Potencia Generada por Peatones.

Fuente: Elaboración Propia.

Lo cual expresado en energía (KwHr), nos determina una energía diaria en día tipo de 108.59 KwHr/Día típico (Día de Semana, en invierno, no festivo, nada extraordinario).

Podemos determinar el diagrama de carga de oferta energética (Producción Piezoeléctrica) conjunta de la siguiente manera:

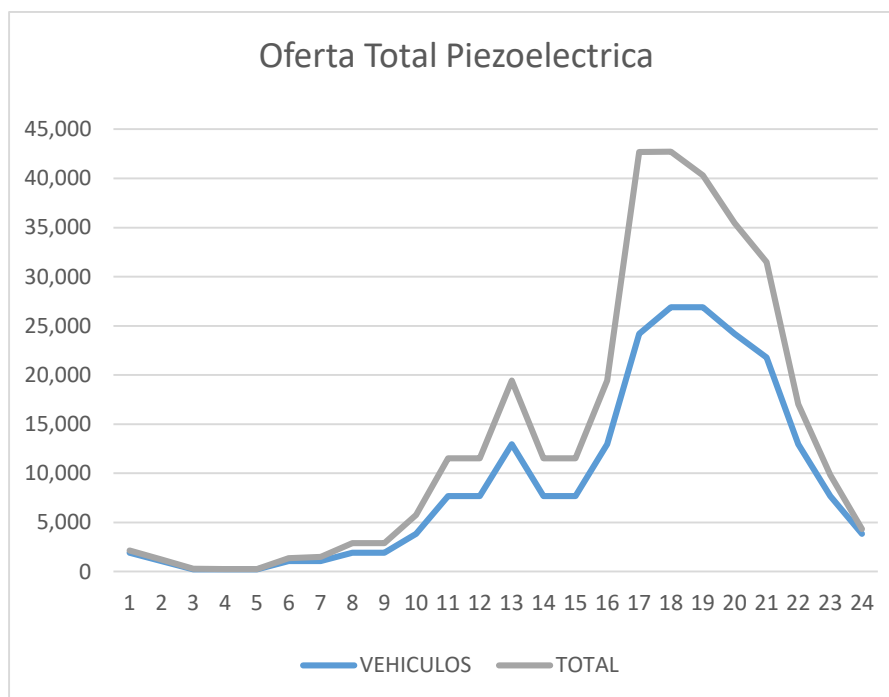


Figura 24. Oferta Total Piezoeléctrica.

Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto a la curva de demanda eléctrica, está conformada por las siguientes

Cargas eléctricas:

- 80 Luminarias LED de 70 Watts, incluidas las pérdidas.
- 2 Electrobombas de 1.5 KW de Potencia demandada real.
- 30 Reflectores de 250 Watts, iluminación Periférica de la Catedral.

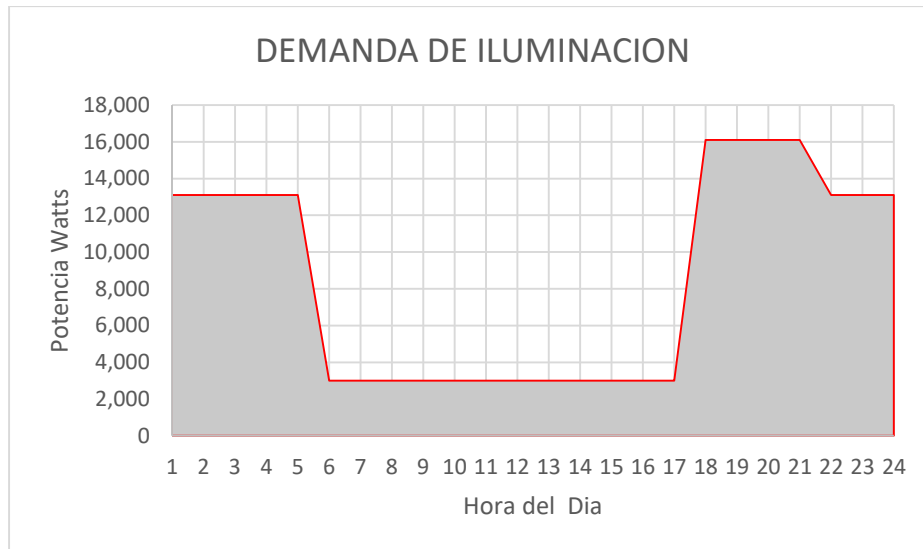


Figura 25. Curva de demanda Eléctrica

Fuente: Elaboración Propia.

Si contrastamos la oferta Piezo eléctrica del Proyecto, con la demanda de energía para iluminación, tendremos lo siguiente:

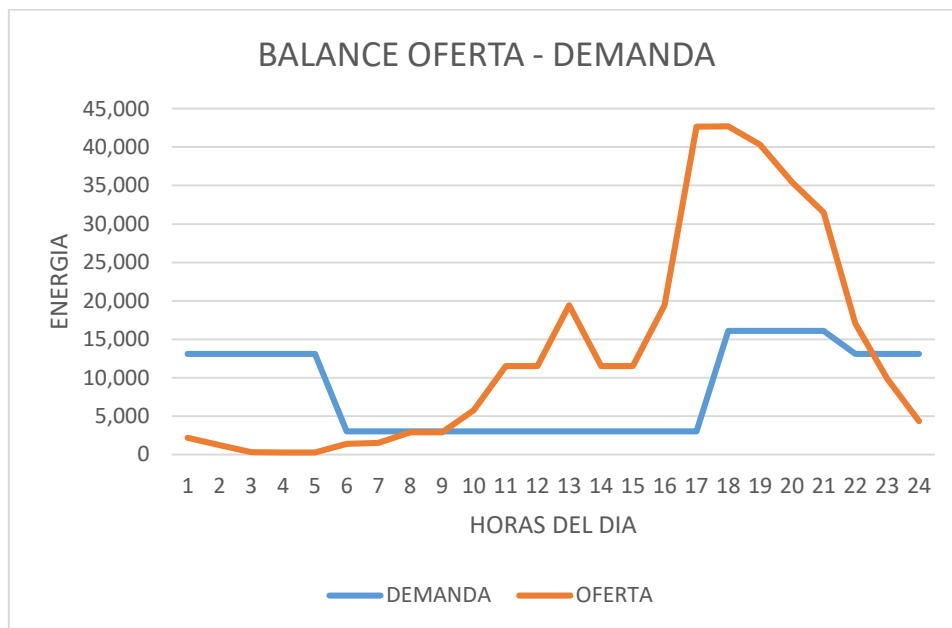


Figura 26. Balance de Oferta Piezo eléctrica y Demanda de Iluminación

Fuente: Elaboración Propia.

También expresada en la siguiente tabla completa de Oferta Piezo Eléctrica, Demanda de iluminación,

Tabla 17. *Capacidad de almacenamiento de energía necesaria.*

HORA	DEMANDA (V)	OFERTA TOTAL	BATERIA	BATERIA ADICIONAL
1	13.100	2.160	-10.940	-22.98
2	13.100	1.224	-11.876	-34.856
3	13.100	288	-12.812	-47.668
4	13.100	264	-12.836	-60.504
5	13.100	264	-12.836	-73.340
6	3.000	1.368	-1.632	-74.972
7	3.000	1.488	-1.512	-76.484
8	3.000	2.88	-120	*-76.604
9	3.000	2.88	-120	-76.724
10	3.000	5.76	2.76	NA
11	3.000	11.52	8.52	NA
12	3.000	11.52	8.52	NA
13	3.000	19.44	16.44	NA
14	3.000	11.52	8.520	NA
15	3.000	11.52	8.520	NA
16	3.000	19.44	16.44	NA
17	3.000	42.67	39.672	NA
18	16.100	42.67	26.62	NA
19	16.100	49.32	24.22	NA
20	16.100	35.47	19.372	NA
21	16.100	31.488	15.388	NA
22	13.100	17.04	3.94	NA
23	13.100	9.84	-3.26	-3.260
24	13.100	4.32	-8.78	-12.40

Fuente: Elaboración Propia.

De donde se deduce, que es necesaria, una capacidad de almacenamiento de 76.724 Kwhr, de Batería de plasma de litio, o hidrogeno verde.

Pero también se puede comprar al sistema Nacional interconectado esta energía en forma diaria, pero a la vez se puede vender, 198.932 Kwhr diario al sistema, con lo con este OPEX, operativo, puede financiar el CAPEX Inicial, como se desarrollará de manera más detallada en los próximos capítulos de este trabajo de investigación.

4.4. Evaluación económica y financiera de la viabilidad implementación del proyecto.

Se presenta el presupuesto para la implementación del sistema de generación piezoeléctrica en la Plaza de Armas.

Tabla 18. *Costos para la implementación del proyecto.*

COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	
Descripción	Costo
Materiales	S/7,027.00
Herramientas	S/196.00
Equipos	S/8,374.00
Gastos adicionales	S/2,610.00
Costo total del proyecto	S/18,207.00

Fuente: Elaboración Propia.

También se determinaron los costos de mantenimiento mensual y anual del proyecto generación piezoeléctrica en la Plaza de Armas.

Tabla 19. *Costos de mantenimiento del proyecto.*

COSTO DE MANTENIMIENTO DEL PROYECTO	
Descripción	Costo
Mensual	S/175.50
Anual	S/2,106.00
Costo total del proyecto	S/2,281.50

Fuente: Elaboración Propia.

Se evaluó financieramente el proyecto mediante un análisis económico donde los resultados que se obtuvieron fueron un TIR igual a 35.80% y un VAN de S/. 11 549.34, considerando el retorno de la inversión, el costo de mantenimiento anual de S/. 2106.00 y un cambio de baterías a los 8 años

aproximadamente por el tipo de conexión que se realizó, porque esta conexión reduce el tiempo de vida promedio de 10 años a 8 años, cuyos datos representan la viabilidad económica del proyecto se obtuvo como retorno de la inversión 2.49 años, considerándose un tiempo aceptable y económicamente viable como retorno de la inversión.

Tabla 20. *Data utilizada en el análisis económico.*

BASE DE DATOS UTILIZADOS EN EL ANALISIS DEL VAN Y TIR				
Año	Inversión	Gastos	Ingresos	Flujo de Caja
0	S/18,207.00	S/0.00	S/0.00	-S/18,207.70
1	S/0.00	S/2,106.00	S/9,413.00	S/7,307.80
2	S/0.00	S/2,106.00	S/9,413.00	S/7,307.80
3	S/0.00	S/2,106.00	S/9,413.00	S/7,307.80
4	S/0.00	S/3,416.00	S/9,413.00	S/5,997.80
5	S/0.00	S/3,166.00	S/9,413.00	S/6,247.80
6	S/0.00	S/2,106.00	S/9,413.00	S/7,307.80
7	S/0.00	S/2,016.00	S/9,413.00	S/7,307.80
8	S/0.00	S/9,420.00	S/9,413.00	-S/6.20
9	S/0.00	S/2,106.00	S/9,413.00	S/7,307.80
10	S/0.00	S/2,106.00	S/9,413.00	S/7,307.80

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 21. *Indicadores económicos VAN y TIR*

INDICADORES ECONOMICOS	
TIR	35.80%
VAN	S/11,549.34
Tasa de descuento	18%
Costo Mant Anual	S/2,106.00

Fuente: Elaboración Propia.

V. DISCUSIÓN

La investigación que se muestra, es una investigación aplicada que se refugia en el diseño no experimental para desarrollar una factibilidad acerca de un proyecto, cabe mencionar que sería necesario realizar el diseño de una prototipo para evaluar la eficiencia que puede tener una baldosa piezoeléctrica, entiéndase como prototipo a la primera tecnología realizada así se presenta un diseño que involucra los parámetros básicos de funcionamiento de la baldosa y al mismo tiempo establece un contacto con una realidad medible para determinar la generación de energía que se va a lograr y esta poder compararla con la energía que se menciona por ficha técnica de las baldosas, las baldosas tiene como parámetro técnico la generación de energía por pisada esto es un parámetro un poco general debido a que la tecnología piezoeléctrica no solo generar energía por pisada sino que según los factores piezoeléctricas estos generan energía según el peso al cual se le somete por lo que la investigación parte para diseñar un elemento que permite medir los valores de parámetros con los cuales se obtenga realmente la energía generada.

La tesis no se dirigió a ninguna empresa o localidad en particular se basó en las fichas técnicas de las baldosas existentes en el mercado como se menciona en el desarrollo de los objetivos Morris (2019) establece que son solo dos empresas las que se han apoderado de este mercado relativamente nuevo y por ende, tienen productos no muy variados en este sistema de generación: la primera es Pavegen y la segunda es Energy Floor de estas se han recogido los parámetros físicos y eléctricos de las baldosas.

Se logró encontrar más empresas que se dedican a desarrollar tecnología Energy Harvesting, de las cuales, al analizar el objetivo del trabajo de investigación, se hizo una comparación con aquella empresa que sea más afín a la propuesta que planteamos. De este modo encontramos que la empresa: INNOWATTECH (Israel) crearon en el año 2007 un material nuevo para las carreteras teniendo como principio los cristales piezoeléctricos, que permiten reutilizar la energía cinética generada a través del paso de los vehículos. La empresa también ha creado dispositivos para peatones, teniendo el mismo principio en generación de energía

eléctrica que sus vehiculares, empero con una sensibilidad mayor para producir energía eléctrica a partir del caminar de los peatones. Este dispositivo es capaz de generar 1kWh a través del paso de 3000 personas en un lapso de una hora por un tramo de 100 m. Las dimensiones de sus baldosas es de 40,0 x 50,0 cm. Por otro lado, encontramos a la empresa PIEZO POWER que crearon nuevo dispositivo piezoeléctrico, que generaría a través del transitar de cada persona un total de 17W de energía eléctrica en un tramo de 153,00 cm aproximadamente. Las dimensiones de su producto son 92 cm de ancho y 153 cm de largo. También se encontró a la empresa SOUND POWER (Japón) ha diseñado un panel que puede producir 0,5W a través de la energía cinética aprovechada mediante dos pasos de una persona de 60kg. Otra compañía Powerleap (EE.UU) de Elizabeth Redmond, quien ha diseñado un sistema en forma de placas de cemento y de cristal con la finalidad de reutilizar la generación energía eléctrica que las personas transmiten al transitar por las calles. Su idea es que al instalar estos baldosas en el suelo por las que circule mucha gente se podría generar suficiente electricidad como para que resultara útil. Muestra que su dispositivo llamado POWER floor es capaz de generar 1 kWh de energía procedente de un área de 50 m² con al menos 5000 peatones que la transiten por una hora. Y por último encontramos a la compañía PAVEGEN quien ha logrado consolidarse y desarrolló un dispositivo eficiente capaz de generar energía eléctrica a través de las pisadas de las personas, produciendo 7 W por pisada. Su producto está certificado, y producido de materiales reciclados, es impermeable, tiene alta durabilidad, incluye un sistema de control de las baldosas, entre otros. Sus baldosas son las más eficientes del mercado y están implementadas en reconocidos proyectos en todo el mundo y en la actualidad. Sus dimensiones son de 60 x 45cm. Cabe resaltar que esta información fue recopilada del trabajo de Concha (2017).

Una de las situaciones a futuro sería que puede comprar al sistema Nacional interconectado esta energía en forma diaria, pero a la vez se puede vender, 198.932 Kwhr diario al sistema, con lo con este OPEX, operativo, puede financiar el CAPEX Inicial, como se podría desarrollar de manera más detallada en una

continuación más a fondo en próximos capítulos para quienes deseen continuar este trabajo de investigación.

Para poder determinar la generación de energía piezoeléctrica a futuro se puede considerar los casos más convenientes para los vehículos que circulen por el paso peatonal, tengan contacto con más del 50 % de los paneles instalados y así la producción de energía sería mucho mayor y más rentable. Se asume también que los peatones respetarán las normas de tránsito y circularán por el paso peatonal. No obstante, esto representa una suposición no tan precisa ya que es conocida la falta de educación vial en los peatones y la falta de monitoreo con lo cual sería altamente probable que crucen las calles de cualquier forma.

En la actualidad hay muchos países, empresas y personajes que se están comprometiendo en la búsqueda de nuevas tecnologías generación de energías limpias, motivados en poder desarrollar nuevas fuentes de energía eléctrica. Es por este motivo que este proyecto de investigación se propuso con la intención de inculcar e impulsar la tecnología “Cosecha de Energía” o en inglés “Energy Harvesting” que es ínfimamente conocida en nuestro país. Se pone a discusión que esta tecnología dará que hablar en nuestro país y toda Latinoamérica.

Este trabajo de investigación se justificó técnicamente, ya que permitió desarrollar una fuente de generación eléctrica para sistemas led de baja potencia, donde se realizaron y desarrollaron los antecedentes de otras investigaciones que permitieron ampliar acerca de la piezoelectricidad. Este trabajo, pretende ser un modelo para otras investigaciones que realicen a futuro en el estudio de la piezoelectricidad, ya que contiene positivamente un gran impacto socioambiental, que no solamente aportará a la alimentación de energía, a su vez, al manejo eficiente de los remanentes sólidos.

Asimismo, en la justificación social, se pretendió incentivar una cultura de generación de energías limpias, informar a la población de la nueva forma de generar electricidad de baja potencia, utilizando la tecnología como la piezoelectricidad, donde cada familia puede implantar un modelo en casa, similar a

este prototipo para iluminación, haciéndoles saber que ellos son parte del desarrollo energético de nuestro país.

Esta iniciativa pretende incentivar a los gobiernos locales a implantar estos proyectos de generación de energía eléctrica para parques, semáforos, avenidas concurridas, centros de recreación, entre otros. Se justificó económicamente, ya que esta investigación es un proyecto viable y rentable si se implanta en una casa, una universidad, generando energía limpia a costo mínimo, representando un ahorro económico, aliviando los gastos de facturación, reduciendo parte del consumo eléctrico de la red, teniendo como respaldo los acumuladores de energía proporcionada por las baldosas piezoeléctricas. El tema ambiental es un punto muy importante en esta investigación, justificándose, por las siguientes razones: la piezoelectricidad es un tipo de energía que evita el consumo de energía fósiles, impulsa a la generación de energía limpia, cero contaminaciones al ambiente en su montaje, operación y mantenimiento.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó los parámetros eléctricos de los generadores piezoeléctricos de manera teórica aplicando principios físicos matemáticos, siguiendo la teoría que en discos piezoeléctricos con áreas efectivas menores y de mayor grosor se obtiene el mayor registro de energía.
- Se realizó una evaluación en base de data secundaria la generación de electricidad en las baldosas piezoeléctrica, caracterizando las curvas de oferta y demanda eléctrica, así como estimar su eficiencia en la generación de energía eléctrica.
- Mediante la investigación realizada se evidenció por medio de un análisis estadístico, que el flujo de peatones que transitan por una plaza de armas, es notoria y suficiente, todos los días y durante todo el año, lo cual es un índice determinante para tener como base, y para ejecutar éste tipo de proyecto.
- Se comprobó pese a que, al existir un elevado flujo peatonal en una plaza de armas, la instalación de baldosas Pavegen en un lugar así, no es factible, esto se debe a la notable inversión que implica la compra de estas baldosas debido a la reducida energía que generan éstas durante su vida útil.
- Se concluyó ecológicamente que estas baldosas, debido a sus materiales de elaboración y por ser una fuente limpia en generación de energía eléctrica, son factiblemente ambientales, pero si queremos que tengan influencia para mitigar las emisiones de gases es necesario implementarlas en grandes cantidades y lugar de amplia circulación de peatones.

VII. RECOMENDACIONES.

- La implementación de esta tecnología limpia en estos momentos resulta no factible en éste tipo de proyectos, pero debemos estar atentos a este tipo de tecnología de cosecha de energía, ya que dará mucha de que hablar, así lo menciona Bloomberg (2013) quien indica que una vez que bajen su precio en el mercado, y se puedan adquirir con mayor facilidad, esto causará una gran demanda y por consiguiente, generará un mayor impacto ambiente en emisión de gases en el futuro, y sobre la generación de energía eléctrica limpia.
- A fin de mejorar futuras investigaciones y estudios se recomienda determinar frecuencia de la circulación de tránsito, ampliando el estudio vial a un periodo de al menos un año y en todas las esquinas de la Plaza de Armas, donde se aplique el proyecto.
- Definir el área que ilumina una lámpara de led estándar. Calcular el área total transitable del parque, definir una cantidad y distribución óptima y eficientemente de los postes de iluminación.
- Evaluar la degradación real de los piezoeléctricos con el uso, a fin de cuantificar mejor los costos de mantenimiento, evaluar el requerimiento masivo directo con fabricante para reducir costos.
- Es necesario hacer como trabajo futuro, una evaluación del tiempo de vida que tendrá la baldosa piezoeléctrica, de acuerdo al material usado en su fabricación del sistema de deflexión y absorción de impacto de la fuerza ejercida sobre esta. La cual determine la sustitución del sistema de deflexión.
- Para poder determinar la generación de energía piezoeléctrica a futuro se puede considerar los casos más convenientes para los vehículos que circulen por el paso peatonal, tengan contacto con más del 50 % de los paneles instalados y así la producción de energía sería mucho mayor y más rentable. Se asume también que los peatones respetarán las normas de tránsito y circularán por el paso peatonal. No obstante, esto representa una suposición no tan precisa ya que es conocida la falta de educación vial en los peatones y la falta de monitoreo con lo cual sería altamente probable que crucen las calles de cualquier forma.

REFERENCIAS

- **Acciona. 2018.** Acerca de nosotros: Acciona. [En línea] 2018. [Citado el: 20 de 07 de 2022.] <https://www.sostenibilidad.com/vida-sostenible/que-es-la-piezolectricidad/>.
- **Aguirre, Agatón. 2016.** *Análisis de la factibilidad económica y ambiental r baldosas piezoeléctricas en el campus de la Universidad militar Nueva Granada (UMNG)*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Nueva Granada : s.n., 2016.
- **Arevalo, L. 2019.** *Diagnostico para la implementacion de Baldosas Piezoeléctricas como altemrnativa de energia Renovable* . Villavicencio : TOMAS, 2019.
- **Arévalo, L y 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) : s.n., 2019.
- **Arjun, A y Ajay,s y , Sandhya,T y Arvind,V. 2011.** *A Novel Approach to Recycle Energy Using Piezoelectric*. India : International Journal of Environmental Science and Development,, 2011.
- **Bañuls, E y Llovera P. 2017.** *Desarrollo de materiales piezoeléctricos mediante la aplicación de polímeros*. Universidad Politecnica de Valencia. Valencia : s.n., 2017.
- **Bloomberg. 2013.** *Paris marathon to harvest runners' energy with pavegen tiles*. Paris : s.n., 2013.
- **Cabrera, Sixto. 2015.** *es.quora.com. ¿En un circuito eléctrico, que sucede si conectamos dos fuentes de voltaje en paralelo?* [En línea] 2015. <https://es.quora.com/En-un-circuito-el%C3%A9ctrico-que-sucede-si-conectamos-dos-fuentes-de-voltaje-en-paralelo>.

- **Caceres, H. 2018.** *Plan de Negocio para la Generacion de Energia Electrica alternativa mediante el uso de Baldosas Generadoras de Energia* . LIMA : ESAN, 2018.
- **Cáceres, H., Capcha, W. y Ortiz, M. 2018.** *Plan de negocio para la generación de energía eléctrica alternativa mediante el uso de baldosas generadoras de energía*. Universidad ESAN. Lima,Perú. : s.n., 2018. pág. 35.
- **Chapter, L. 2019.** *Compendio de Materiales Pizo Electricos* . BOCA RATON : NASA, 2019.
- **Cifuentes, C. 2018.** *Diseño con Materiales Piezo Electricos* . LIMA : UNALM, 2018.
- **Cifuentes, J. 2013.** *Baldosa piezoeléctrica para alimentar sistema de iluminación de bajo consumo energético*. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Antioquia : Facultad de Ingeniería Mecatrónica, 2013.
- **Concha, Pablo y Zamalloa,R. 2017.** *Proyecto de viabilidad para implementar un sistema de generación de energía renovable en las estaciones de la línea 1 del tren eléctrico de lima*. Universidad Peruana de Ciencias Apilcadas. Lima : 14 de setiembre de 2017, 2017.
- **Construdata. 2013.** Piezoelectricidad alternativa verde para alumbrado público. [En línea] Mayo de 2013. [Citado el: 20 de Julio de 2022.] . http://www.construdata.com/Bc/Construccion/Noticias/piezoelectricidad_alternativa_verde_para_alumbrado_publico.asp..
- **Cordova, L. 2017.** *Aplicaciones Sonoras de los Piezo Metricos* . MENDOZA : MAO, 2017.
- **Dahyna, S. 2017.** *Caracteristicas del Efecto Piezo Electrico*. TANGER : MOROCCO, 2017.
- **Energia Verde. 2018.** *Materiales Piezo Electricos* . LIMA : RERUNI, 2018.

- *Evaluación Preliminar del Uso del Efecto Piezoeléctrico para Generación de Energía.* **Castellanos, Nobel. 2013.** 2013, Revistas Academicas INVENTUM, Vol. 8.
- **Geographic, N. 2014.** Unas baldosas generan energía con nuestra pisada. [En línea] Geographic, N, 14 de Mayo de 2014. [Citado el: 20 de Julio de 2022.] <http://www.nationalgeographic.es/noticias/medio-ambiente/energia/baldosas-energia-pisadas..>
- **Gonzales, A. 2014.** *La energía.* I.E.S Villalva Hervás. 2014.
- **Jaramillo, A. 2018.** *Diseño de un prototipo de Baldosas inteligentes de alto trafico para implementacion de Transporte Publico .* BOGOTA : PILOTO, 2018.
- **Jaramillo, A., López, M. y Muñoz, K. 2018.** *Diseño de un prototipo de baldosas inteligentes de alto tráfico para implementación en el sistema de transporte público.* UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA. Bogotá D.C. : s.n., 2018. pág. 18.
- **Malmcrona, A. 2018.** *Aplicaciones del Efecto Piezoelectrico para la Generacion de Energia .* MADRID : LEGANES, 2018.
- **Malmcrona, A. 2018.** *Aplicaciones del efecto piezoeléctrico para la generación de energía.* Universidad Carlos III de Madrid. Legánes,España : s.n., 2018. pág. 16.
- **Manayay, M. 2020.** *Sistema de iluminacion mediante baldosas con generadores Piezoelectricos para reducir el Consumo de Energia Electrica .* CHICLAYO : UCV, 2020.
- **Manayay, M. 2020.** *Sistema de iluminación mediante baldosas con generadores piezoeléctricos para reducir el consumo de energía eléctrica en una discoteca.* Universidad César Vallejo. Chiclayo,Perú : s.n., 2020. pág. 34.
- **Matthey, O. 2017.** *Generacion de Electricidad Piezo Electrica .* SANTIAGO : PUCH, 2017.

- **Morales, A y Contreras, J. 2016.** *Análisis de conveniencia de la implementación de la energía piezoeléctrica en las salas de cinecolombia en la ciudad de bogotá d.c.* universidad distrital francisco José de caldas. Bogotá : s.n., 2016.
- **Moreno, J. y Sernaqué, J. 2016.** *Diseño de baldosas con generadores piezoeléctricos para la iluminación del pórtico de una universidad.* Universidad Señor de Sipán. Perú : s.n., 2016. pág. 26.
- **Morras Barrio, Lucia. 2019.** *Pisadas que no dejan huella ¿Es viable producir energía al andar?* Departamento de Arquitectura. 2019. pág. 78, Trabajo de Fin de Grado.
- **Nano, D. 2017.** *Estudio del Efecto Piezoelectrico.* LIMA : PUNJAS, 2017.
- *Optimización de piezoeléctricos comerciales para su uso en sistemas de Energy Harvesting.* **Jimenez Marinez, Francisco Javier, De Frutos , Jose Antonio David y Vazquez , Manuel. 2015.** 6, 2015, Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, Vol. 54.
- *Paris marathon to harvest runners' energy with pavegen tiles.* **bloomberg. 2013.** Paris : s.n., 2013.
- **Pavegen. 2014.** Pavegen. [En línea] 2014. [Citado el: 20 de Julio de 2022.] <http://www.pavegen.com>.
- **Perez , E. 2016.** *Diseño e implementación de un Gnerador Piezoelectrico de Baldosa para alimentar un sistema de Iluminacion de baja Potencial .* MEXICO : UTEHA, 2016.
- **Pérez Pineda, Erick y Velázquez Alfaro, Salvador. 2016.** *Diseño e implementación de un generador piezoelectrico baldosa, para alimentar un sistema de iluminacion de baja potencia.* Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional. Mexico CD : s.n., 2016. pág. 94.
- **Pérez, E. y Velasquez, S. 2016.** *Diseño e implementación de un generador piezoeléctrico de baldosa para alimentar un sistema de iluminación de baja potencia.* México : s.n., 2016. pág. 14, Tesis.

- *Piezoelectric Energy Generation from Vehicle Traffic with Technoeconomic Analysis. Journal of Renewable Energy. Najini, Hiba y Muthukumaraswamy, Senthil Arumugam. 2017.* 2017, Hindawi, Vol. 2017.
- **Piezoproducts, Johnson Matthey. 2012.** Johnson Matthey Piezo Products. [En línea] 2012. [Citado el: 17 de Noviembre de 2021.] <http://www.piezoproducts.com/index.php?id=144&L=0>.
- **Rodriguez, F. 2019.** *Sistemas de iluminacion Piezo Electrico.* MEXICO : MARCOMBO, 2019.
- **Sampen, C. 2017.** *Diseño con Materiales Piezo Electricos .* COLON : CANAL, 2017.
- **Santos, D. 2019.** *Diseño y Fabricacion en Baldosas .* QUITO : OLADE, 2019.
- **Sepulveda, E. 2014.** *Diseño de un colector de energía Piezoeléctrico (Energy Haversting) mediante optimización topológica que maximice la tranformación de energía mecánica en eléctrica generada por Ser humano al caminar.* Colombia : s.n., 2014. pág. 17.
- **Sepulveda, J. 2017.** *Programacion de Discos Piezoelectricos .* SANTIAGO : MIR, 2017.
- **Sernaque, Moreno y. 2016.** 2016.
- **Solis, K. 2018.** *Repositorio de Materiales Piezo Electricos .* LIMA : PUCP, 2018.
- **Soltelo, R. 2018.** *Analisis Tecnico y Economico del Potencial de Generacion Electrico a travez de dspositivos Piezo electricos .* BOGOTA : CALDAS, 2018.
- **Sotelo, R. y Nieto, E. 2018.** *Análisis técnico y económico del potencial de generación eléctrica a través de dispositivos piezoeléctricos.* UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. Bogotá, Colombia : s.n., 2018. pág. 17.
- **Tamayo, D. y Cardozo, N. 2017.** *EL USO DE PIEZOELÉCTRICOS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA.* Colombia : s.n., 2017.

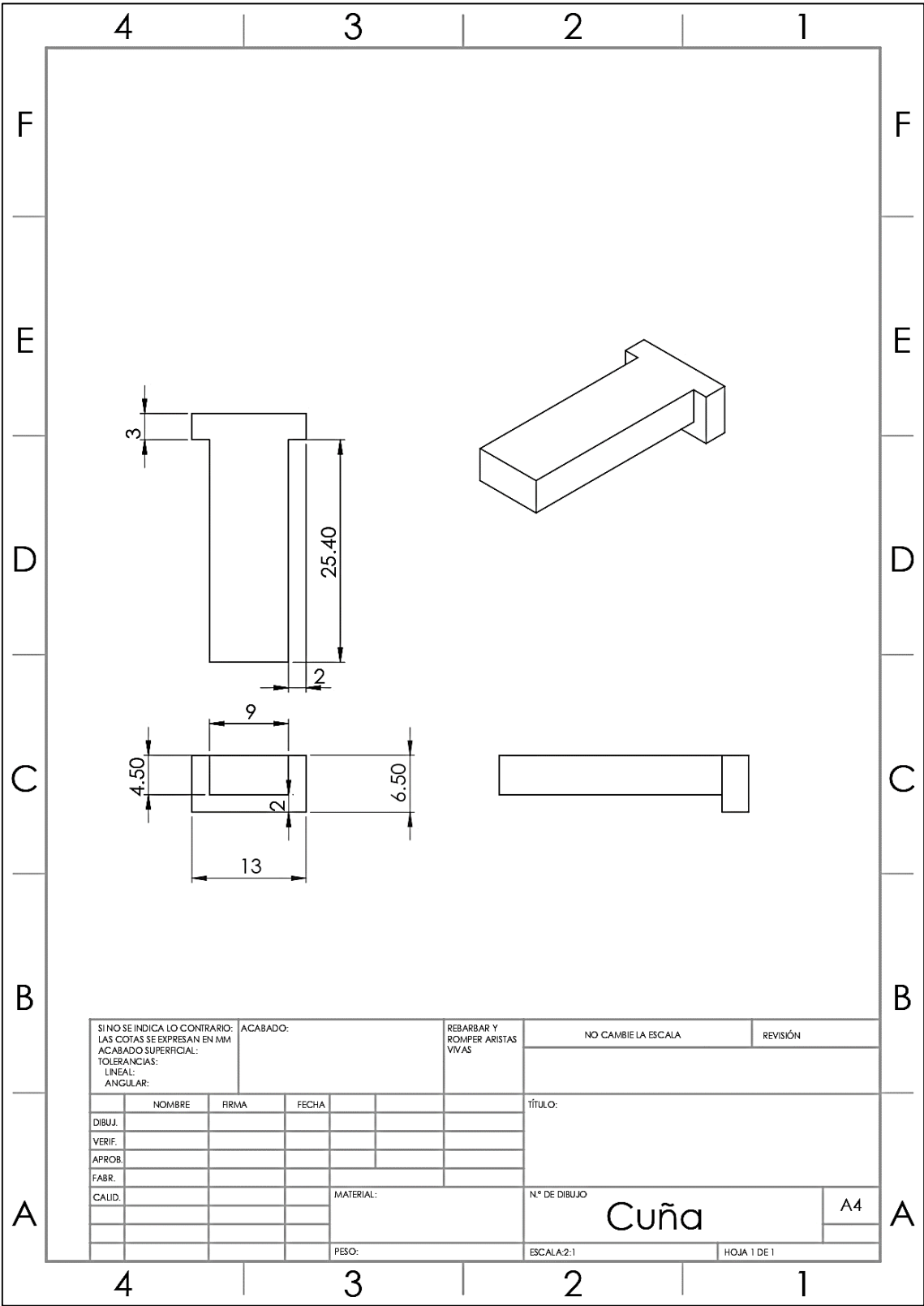
- **Universidad San Carlos . 2017.** *Materiales Piezo Electricos* . GUATEMALA : TRILLAS , 2017.
- **Yacarini, M. 2017.** *Historia de la Electricidad Piezoelectrica.* MEXICO : TRILLAS, 2017.
- **Zapata, A. 2018.** *Valores de la Intensidad de Corriente, Casustica al respecto.* IBARRA : CONELEC, 2018.
- **Zapata, C. 2018.** *Diseño Especializado con Materiales Piezo electricos* . LIMA : PRESS, 2018.
- **Zapata, D y Bustamante,G. 2012.** *Análisis de viabilidad para desarrollo de prototipo de acera que produce electricidad.* Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica. Medellín : s.n., 2012. págs. 27,28.

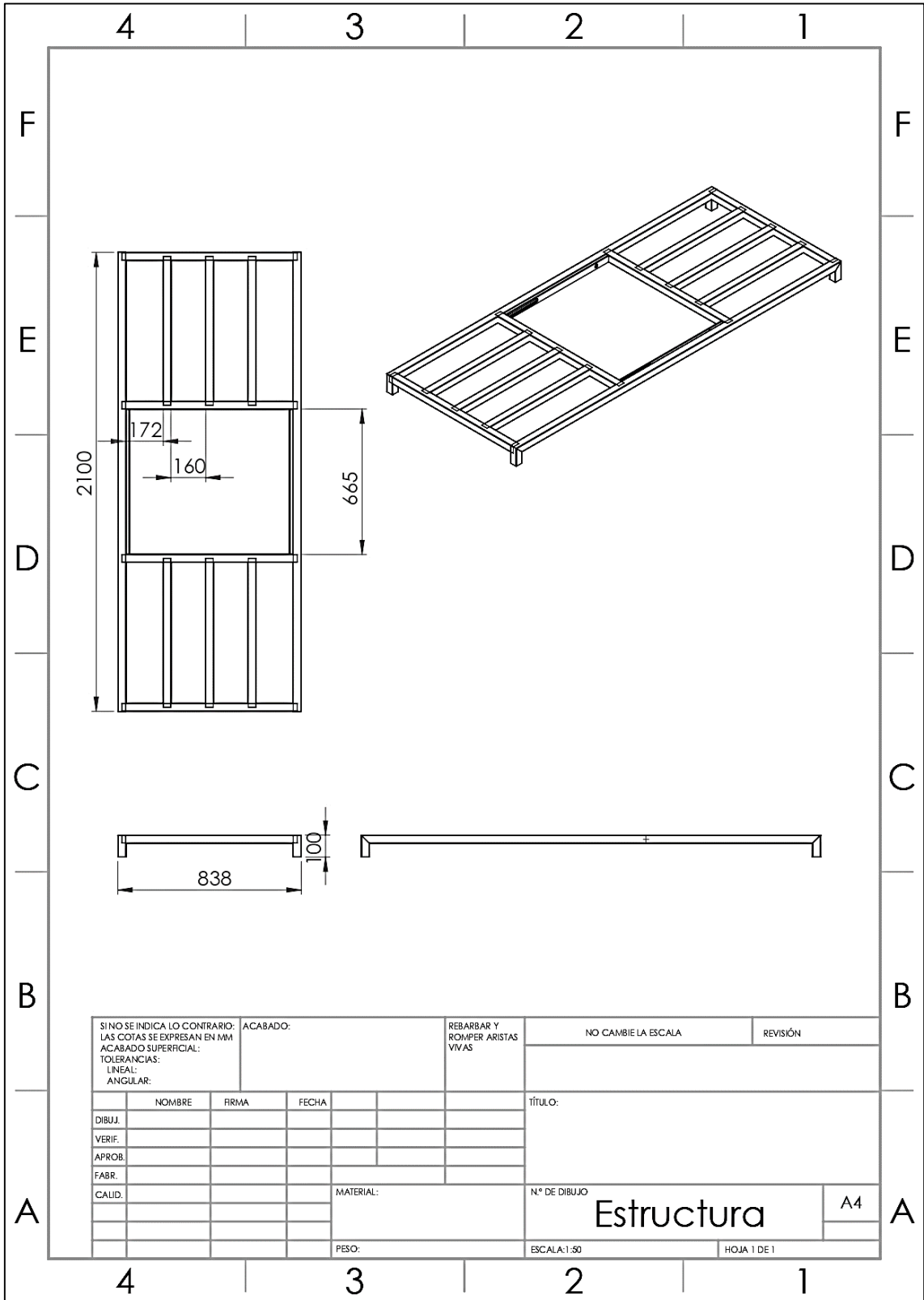
ANEXOS

Anexo 01.- Matriz de Operacionalización de variables

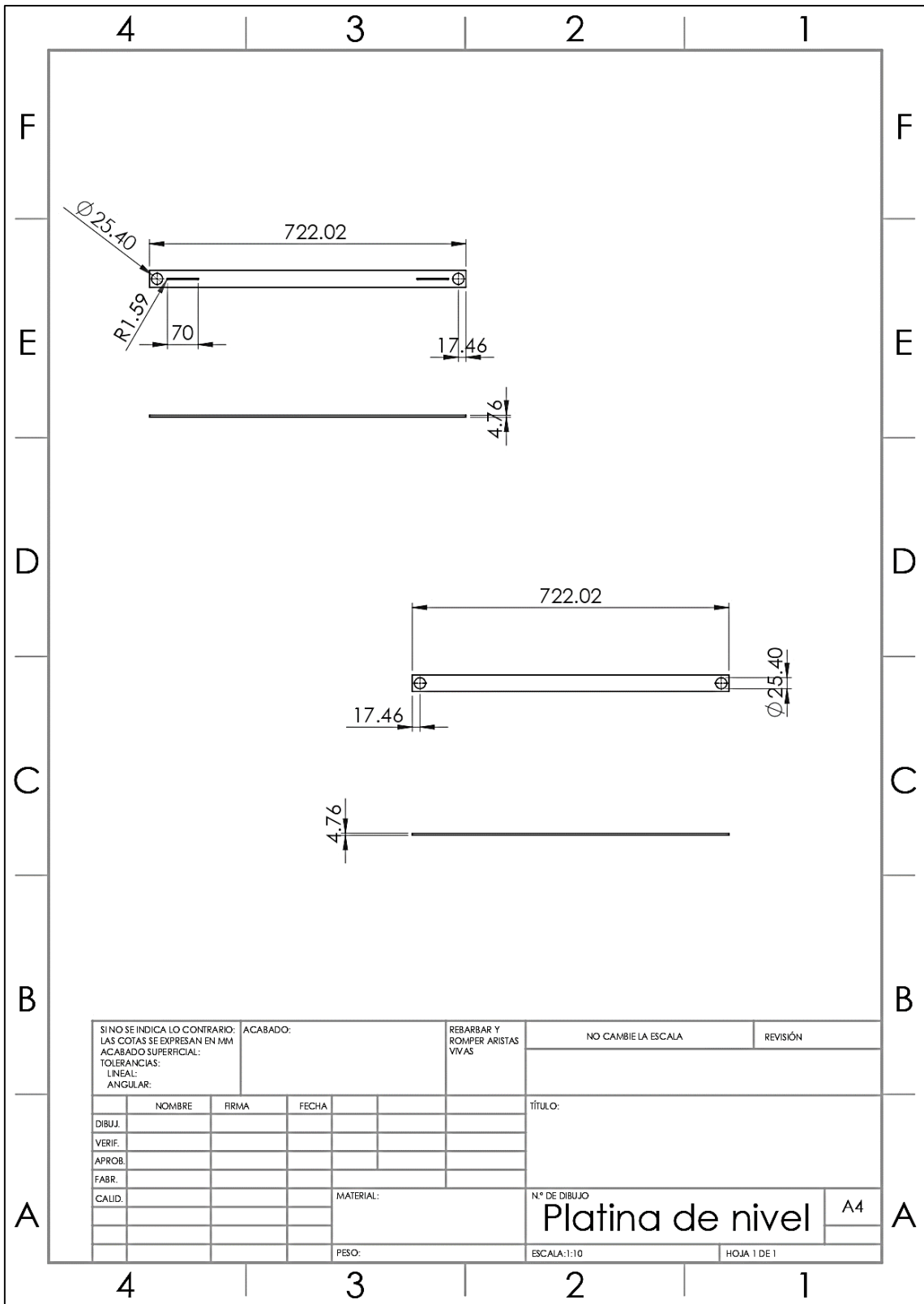
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>Central Eléctrica Piezoeléctrica</p>	<p>Una central eléctrica es una instalación con un conjunto de elementos capaz de convertir la energía mecánica, obtenida a través de otras fuentes de energía primaria (Como la baldosa piezoeléctrica), en energía eléctrica.</p>	<p>Una baldosa piezoeléctrica transforma la energía cinética de la pisada de los peatones en unos 5 o 7W en función de la deformación producida, esta energía es almacenada y luego usada a través de inversores. Este tipo de baldosa está pensada para entornos urbanos con un elevado tránsito como estaciones de metro o en plazas.</p>	<p>Parámetros de los transductores.</p> <p>Presión aplicada sobre las baldosas.</p>	<p>Nivel de deformación Resistencia.</p> <p>Pérdida de Carga Fuerza ejercida</p> <p>Resistencia de Piezoeléctricos.</p>	<p>Razón</p> <p>Multímetro</p>
<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Iluminación de una Plaza de Armas</p>	<p>La iluminación es definida como el flujo luminoso que incide sobre un área o superficie. Su unidad de medida es el Lux. Se denomina luminancia o brillo fotométrico a la luz procedente de los objetos hacia un entorno.</p>	<p>Capacidad de generación como la producción de electricidad debido, principalmente, a que la electricidad no se puede almacenar a costos razonables.</p>	<p>Horas de trabajo</p> <p>Instalación de luminarias tipo led en el perímetro</p> <p>Beneficio económico</p>	<p>Voltaje</p> <p>Tiempo</p> <p>Dinero</p>	<p>Voltímetro</p> <p>Razón</p> <p>Factibilidad</p>

Anexo 2.- Planos de los dispositivos mecánicos

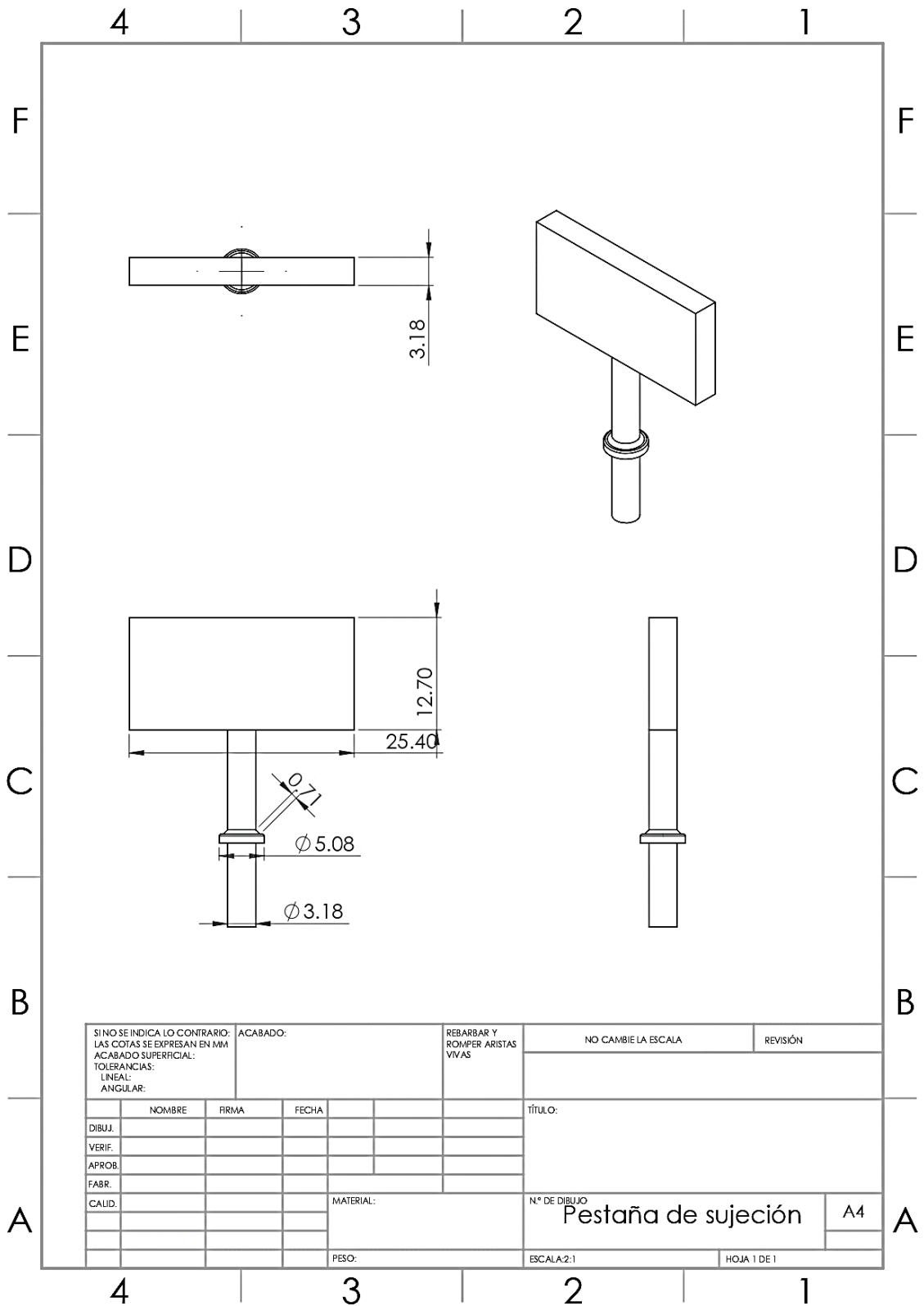




SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE			FIRMA	FECHA	TÍTULO:
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.			MATERIAL:	Nº DE DIBUJO	Estructura
PESO:			ESCALA:1:50	HOJA 1 DE 1	
				A4	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
DIBUJ.				Platina de nivel	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.			MATERIAL:	Nº DE DIBUJO	A4
			PESO:	ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		NOMBRE		FRMA		FECHA		TÍTULO:	
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.						MATERIAL:		N° DE DIBUJO	
								Pestaña de sujeción	
								A4	
						PESO:		ESCALA:2:1	
								HOJA 1 DE 1	

Anexo 03. Efecto piezoeléctrico.

Efecto piezoeléctrico.

El material piezoeléctrico es aquel que tiene la propiedad de responder a diversos estímulos por parte de varias condiciones, por ejemplo: luz, fuerzas magnéticas, interacciones mecánicas y condiciones térmicas. La siguiente tabla presenta los diferentes estímulos de los materiales inteligentes.

INPUT	OUTPUT			
	Deformación	Carga Eléctrica	Temperatura	Luz
Tensión	Elasticidad	Piezoeléctricidad		Fotoelasticidad
Campo Eléctrico	Piezoeléctricidad	Permitividad		Efecto Magnetoeléctrico
Campo Magnético	Magnetostricción	Efecto Magnetoeléctrico		Magneto óptico
Calor	Expansión Térmica	Piroeléctricidad	Calor Específico	
Luz	Fotostricción	Efecto Fotovoltaico		Refracción

Fuente: Elaboración, propia.

Para la caracterización de la tecnología piezoeléctrica y su funcionamiento se desarrollaron las siguientes expresiones para el análisis de reacción de los diferentes tipos de excitación.

A los sensores piezoeléctricos, también se les conocen como transductores, estos elementos se les puede describir mediante la siguiente ecuación:

$$P = d * T$$

P = Dipolo.

d = Voltaje del elemento piezoeléctrico.

T = Tensión mecánica aplicada.

Tomando en cuenta, el campo y desplazamiento eléctrico:

$$P = D * \epsilon^T * E$$

D = Desplazamiento eléctrico.

ϵ^T = Permitividad.

E = Campo eléctrico.

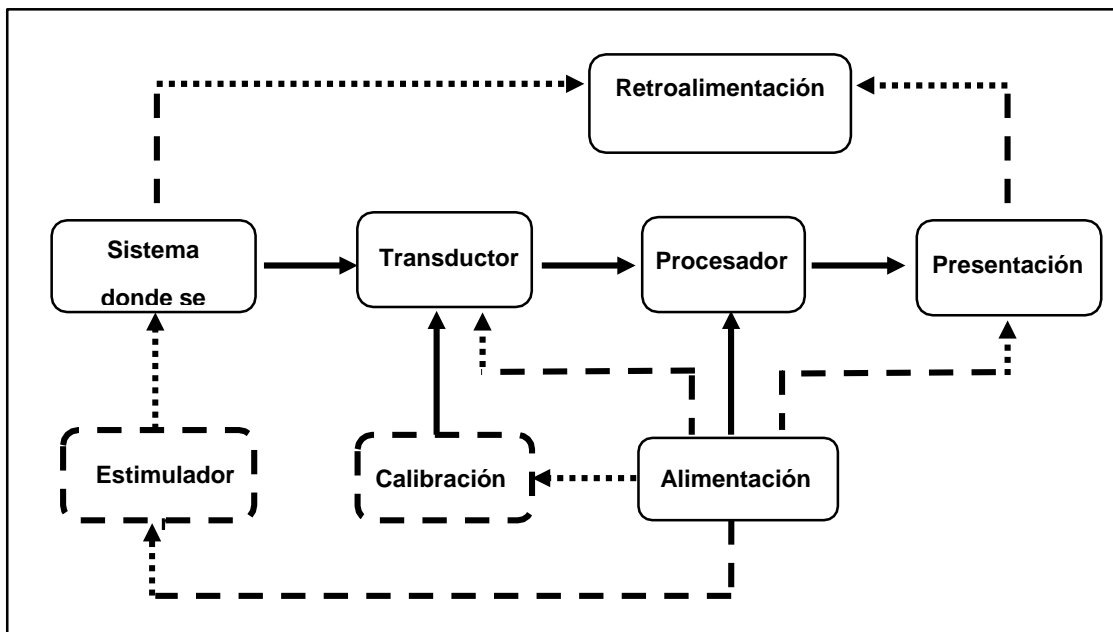


Figura 15. Esquema de un sistema piezoeléctrico.

Fuente: Poblet. M, 1988.

Para el caso de trabajar con efecto piezoeléctrico inverso, en pocas palabras, la deformación de un campo eléctrico se determina mediante la siguiente expresión:

$$S = d * E$$

S = Deformación mecánica.

d = Voltaje del elemento piezoeléctrico.

E = Campo eléctrico.

Para obtener la deformación mecánica con desplazamiento eléctrico:

$$S = g * D$$

La ecuación de Hooke, determina la deformación de sólido elástico, mediante la siguiente expresión:

$$S = s * T$$

s = Compilancia.

T = tensión mecánica.

$$D = \varepsilon^T * E + d_{33} * T$$

$$S = d_{33} * E + S^E * T$$

D = Desplazamiento eléctrico.

T = Tensión.

S = Deformación.

E = Campo eléctrico.

s^E = Constante de deformación elástica en campo eléctrico constante.

ε^T = Permitividad

d_{33} = constante piezoeléctrica.

Tabla 5. *Constantes piezoeléctricas.*

SIMBOLO	NOMBRE	UNIDAD
c	Módulo de Young	N/m^2
e	Tensión piezoeléctrica	N/mV
ε	Permitividad del medio	F/m
d	Constante de carga piezoeléctrica	m/V
s	Compliancia del medio	m^2/N
g	Constante de tensión piezoeléctrica	Vm/N
h	Voltaje piezoeléctrico	V/m

Fuente: Elaboración, propia.

Anexo 04. Circuito equivalente del material piezoeléctrico

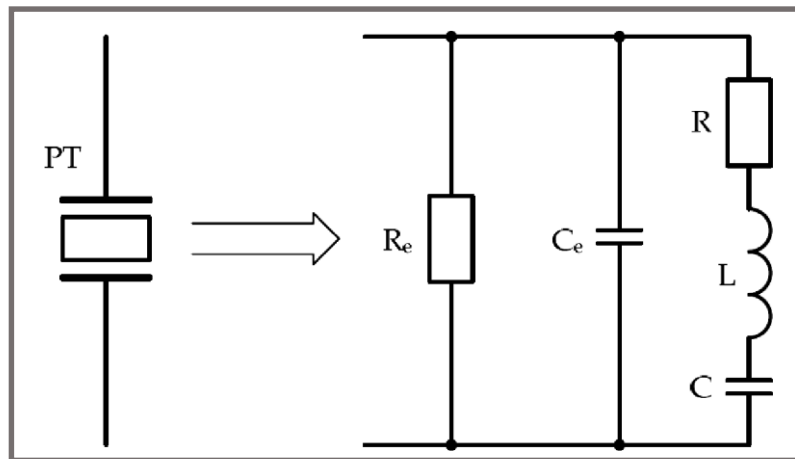


Figura 8. Circuito equivalente para un sistema piezoeléctrico.

Fuente: Malmcrona, 2018.

R = Resistencia equivalente.

R_e = Resistencia del transductor.

C = Capacidad mecánica equivalente.

C_e = Capacidad estática del transductor.

L = Inductancia mecánica equivalente.

Los valores antes mencionados, dependerán del material del cual están fabricados y también de la frecuencia.

Anexo 05

Tabla 8. *Criterios para elección del material de la baldosa.*

Criterio.	Definición.	Peso %
Rigidez.	Esto permite una vía libre para que la energía llegue al piezoeléctrico sin deformaciones.	30%
Resistencia a la abrasión.	El caminar del transeúnte produce fricción en la baldosa, se espera que no halla desgaste a acorto plazo.	15%
Resistencia al deterioro al medio ambiente.	Es muy importante que la baldosa sea resistente a los agentes externos del medio ambiente como por ejemplo: La corrosión.	20%
Fácil instalación y remoción.	Es importante la facilidad para poder retirar la baldosa, cuando haya que realizar el mantenimiento al sistema eléctrico.	20%
Peso	Es necesario que la baldosa sea lo más liviana posible para que sea fácil de transportar.	15%

Fuente: Elaboración propia.

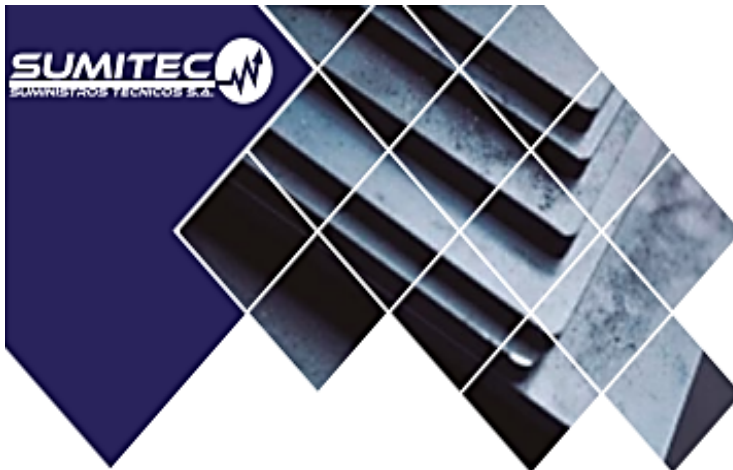
Anexo 06

Recojo de datos:

N°	Sexo	Peso	Talla Zapato	Altura	Edad	Paso
1	hombre	54	37	166	65	78
2	hombre	54	41	162	60	84
3	hombre	74	42	129	30	58
4	hombre	50	38	128	32	73
5	hombre	32	30	112	11	49
6	hombre	15	24	105	5	47
7	hombre	18	26	108	8	51
8	hombre	38	34	110	12	63
9	hombre	75	40	122	20	50
10	hombre	71	42	128	31	60
11	hombre	70	38	127	31	66
12	hombre	92	39	139	42	60
13	hombre	75	38	127	30	72
14	hombre	73	40	128	28	56
15	hombre	74	37	146	44	85
16	hombre	74	42	117	20	55
17	hombre	88	39	129	33	57
18	hombre	52	41	117	16	54
19	hombre	68	42	121	27	71
20	hombre	45	40	117	16	60
21	mujer	50	36	150	59	78
22	mujer	57	36	149	54	83
23	mujer	57	36	141	51	68
24	mujer	51	37	143	55	74
25	mujer	56	36	158	64	73
26	mujer	53	35	141	55	72
27	mujer	18	24	105	5	61
28	mujer	17	25	108	7	55
29	mujer	25	30	112	12	46
30	mujer	26	31	111	10	53
31	mujer	21	27	108	8	64
32	mujer	19	28	106	6	54
33	mujer	30	30	111	13	60
34	mujer	55	36	149	49	86
35	mujer	65	37	115	15	59
36	mujer	65	38	135	39	57
37	mujer	65	38	125	29	63
38	mujer	80	34	136	36	61
39	mujer	77	38	115	18	58

40	mujer	68	38	126	24	64
41	mujer	75	38	127	31	65
42	mujer	73	38	132	30	74
43	mujer	69	36	130	29	61
44	mujer	75	38	116	18	61
45	mujer	65	35	133	34	57
46	mujer	77	34	136	41	69
47	mujer	73	34	148	45	86
48	mujer	59	36	135	32	65
49	mujer	50	35	132	31	70
50	mujer	71	38	135	36	70

Fuente: Elaboración propia.



ACERO ESTRUCTURAL

ACERO ASTM A36



1. Descripción: Acero al carbono estructural conocido como hierro negro, de calidad estructural para el uso en puentes y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas.

2. Normas involucradas: ASTM A 36/A 36M - 04

3. Propiedades mecánicas: Esfuerzo a la fluencia mínimo: 250 MPa (36300 PSI)
Esfuerzo a la tensión: 400 – 550 MPa (58000 – 79800 PSI)
Elongación mínima en 50 mm (2"): 23%
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.85 g/cm³ (0.284 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.25 – 0.29 % C
0.60 – 1.20 % Mn
0.15 – 0.40 % Si
0.04 % P máx
0.05 % S máx

6. Usos: Para componentes estructurales en general.

7. Tratamientos térmicos: Usualmente a este material no se le da tratamiento térmico debido a que son parte estructural. Puede ser cementado para aumentar la dureza superficial mientras mantiene su núcleo tenaz.

NOTA:

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumpla el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

(506) 2591-7514 ☎

(506) 2551-4169 📠

info.clientes@sumiteccr.com ✉

