

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**Dimensionamiento y selección de un sistema piezoeléctrico para generar energía eléctrica en un calzado para uso de equipos electrónicos en el distrito de Incahuasi – Ferreñafe - Lambayeque**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**AUTOR**

**Angie Hilda Carrasco Panta**

**ASESOR**

**Hugo Walter Mundaca Guerra**

**<https://orcid.org/0000-0002-8210-9581>**

**Chiclayo, 2024**

**Dimensionamiento y selección de un sistema piezoeléctrico para  
generar energía eléctrica en un calzado para uso de equipos  
electrónicos en el distrito de Incahuasi – Ferreñafe -Lambayeque**

PRESENTADA POR

**Angie Hilda Carrasco Panta**

A la Facultad de Ingeniería de

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

para optar el título de

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

APROBADA POR

Jorge Alberto Villanueva Zapata

PRESIDENTE

Luis Alberto Gonzales Bazán

SECRETARIO

Hugo Walter Mundaca Guerra

VOCAL

## **Dedicatoria**

Esta tesis está dedicada:

A mis padres y mis abuelitos que conociendo mi sueño de ser Ingeniera Mecánica Electricista hicieron lo posible para que lo realizaré, a base de esfuerzo y sacrificio, probandomuchas veces los sinsabores que nos pone la vida,

A mis abuelitos que también reforzaron mi sueño y que de ellos pude probar apoyo en el inicio de mis estudios.

## **Agradecimiento**

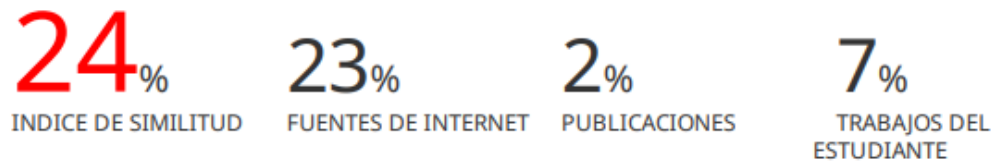
A nuestro creador por bendecir mi vida, hacer su voluntad y la mía, por guiarme, darme conocimiento y fortaleza en las dificultades.

A mis profesores que me brindaron su apoyo, paciencia y calidad de conocimientos y brindarme su amistad como profesional a lo largo de mi carrera.

A mis amigos de especialidad por compartir conocimientos y una verdadera amistad que quedará por siempre en el recuerdo.

## 29.05.24\_TESIS\_CARRASCO\_PANTA\_ANGIE.docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>10%</b>
<b>2</b>	<b>somim.org.mx</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>www.hbm.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>gazeta500.ru</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Politécnica de Madrid</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>www.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>kipdf.com</b> Fuente de Internet	

## ÍNDICE

ÍNDICE.....	5
RESUMEN .....	10
ABSTRACT .....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	15
MATERIALES Y MÉTODOS .....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	39
CONCLUSIONES.....	93
RECOMENDACIONES .....	95
REFERENCIAS .....	96
ANEXOS.....	98

## Lista de tablas

Tabla 1 <i>Operacionalización de las Variables</i> .....	36
Tabla 2 <i>Matriz de consistencia</i> .....	38
Tabla 3 <i>Factores Sociodemográficas del Distrito de Incahuasi -Lambayeque 2020</i> .....	42
Tabla 4 <i>Estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como linterna, según la población de bajos recursos del distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020.</i> .....	45
Tabla 5 <i>Estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como el celular, según la población de bajos recursos del distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020.</i> .....	47
Tabla 6. <i>Estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como el parlante, según la población de bajos recursos del distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020.</i>	50
Tabla 7 <i>Estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como el radio, según la población de bajos recursos del distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020.</i> .....	52
Tabla 8 <i>Promedio de masa (kg) de los encuestados.</i> .....	58
Tabla 9 <i>Selección del sensor</i> .....	60
Tabla 10 <i>Características del sensor piezoeléctrico 7BB-20-6L0.</i> .....	61
Tabla 11 <i>Materiales para fabricación del sistema piezoeléctrico</i> .....	66
Tabla 12 <i>Equipos para fabricación del sistema piezoeléctrico.</i> .....	67
Tabla 13 <i>Tabla de ficha técnica del material.</i> .....	70
Tabla 14 <i>Tabla del diseño Elasto Plastic</i> .....	72
Tabla 15 <i>Tabla de las características del material.</i> .....	73
Tabla 16 <i>Selección del sensor.</i> .....	76
Tabla 17 <i>Características de la batería elegida</i> .....	77
Tabla 18 <i>Costes fijos independientes.</i> .....	88
Tabla 19 <i>Materia prima.</i> .....	88
Tabla 20 <i>Precios de fabricación</i> .....	89
Tabla 21 <i>Los precios finales.</i> .....	89
Tabla 22 <i>Equipos a utilizar</i> .....	90

Tabla 23 <i>Costos de los Materiales</i> .....	90
Tabla 24 <i>Costos totales del proyecto</i> .....	91
Tabla 25 <i>Lista de Precios en el Mercado</i> .....	92

## Lista de figuras

Figura 1 <i>Prototipo de Jian-Xin Shen et al.</i> .....	16
Figura 2 <i>Calzado propuesto por Wen Jinchuan.</i> .....	16
Figura 3 <i>Sistema propuesto por Matthew James Stanton et al.</i> .....	17
Figura 4 <i>Sistema propuesto por Georgii Ignatchenko et al.</i> .....	17
Figura 5 <i>Pisada Humana.</i> .....	22
Figura 6 <i>Comprensión de un material</i> .....	23
Figura 7 <i>Efecto piezoeléctrico inverso</i> .....	24
Figura 8 <i>Dispositivos piezoeléctricos</i> .....	26
Figura 9 <i>Acumulador piezoeléctrico</i> .....	27
Figura 10 <i>Sensor piezoeléctrico</i> .....	28
Figura 11 <i>Conductores piezoeléctricos</i> .....	28
Figura 12 <i>Stack de piezoeléctricos, (a) conexión en serie, (b) conexión en paralelo</i> .....	29
Figura 13 <i>Potencia entregada por stack de PZTs, (a) conexión en serie, (b) conexión en paralelo.</i> .....	30
Figura 14 <i>Medidas de tensión en circuito abierto, (a) conexión en serie, (b) conexión en paralelo</i> .....	30
Figura 15 <i>Diseño de la investigación</i> .....	34
Figura 16 <i>Ubicación del distrito de Incahuasi – Ferreñafe.</i> .....	39
Figura 17 <i>Factores sociodemográficas del distrito de Incahuasi a temperaturas menores a 17°</i> .....	44
Figura 18 <i>Estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como linterna.</i> .....	47
Figura 19 <i>Estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como celular.</i> .....	49
Figura 20 <i>Estado actual de equipo consumidores de energía como parlante.</i> .....	52
Figura 20 <i>Estado actual del uso frecuente de equipo consumidores de energía como el radio.</i> .....	54

Figura 22 Estado Diámetros del Sensor piezoeléctrico .....	60
Figura 22 Bosquejo a lápiz del calzado. ....	68
Figura 22 Modelo de zapatilla .....	69
Figura 25 Diseño de la plantilla en 3D SolidWorks.....	73
Figura 26 Diseño típico de un transductor de fuerza piezoeléctrico. ....	75
Figura 27 Batería portátil .....	78
Figura 28 Circuito de condicionamiento simple. ....	79
Figura 29 Circuito de la configuración del puente. ....	80
Figura 30 Circuito de acondicionamiento DSSH technique. ....	81
Figura 31 Diseño de la plantilla en 3D solidwords. ....	82
Figura 32 Sensor piezoeléctrico .....	82
Figura 33 Incorporación de los piezoeléctricos en la plantilla 3D. ....	83
Figura 34 Piezoeléctricos en la plantilla 3D.....	83
Figura 35 Soldadura de los sensores piezoeléctricos.....	85
Figura 36 Sensores piezoeléctricos. ....	85
Figura 37 Soldadura de un sensor piezoeléctricos.....	86
Figura 38 Sensor piezoeléctricos.....	86

## RESUMEN

Durante los últimos años el tema de degradación ambiental y el cambio climático se van empeorando. Teniendo en cuenta que nuestro país – Perú existe una gran cifra de recursos renovables y están apañados de fuerza, se deberían tomar disposiciones para verificar observaciones y proyectar la disposición de realizar bocetos que faciliten usar estas energías para diversos fines, y así elaborarlos a favor del medio ambiente.

La búsqueda se desarrollará en el límite de Incahuasi – Ferreñafe, que figura como el más indolente a la exposición de las bajas temperaturas y bajos recursos económicos en la provinciade Lambayeque.

El presente trabajo lleva por nombre; “Dimensionamiento y selección de un sistema piezoeléctrico para generar energía eléctrica en un calzado para uso de equipos electrónicos en el distrito de Incahuasi – Ferreñafe, región de Lambayeque”, el cual tiene como objetivo generar una corriente eléctrica, aprovechando la fuerza ejercida por las pisadas de las personas al caminar. La corriente eléctrica generada por el sistema piezoeléctrico debe ser mayor a la corriente requerida por los equipos electrónicos y así favorecer la dimensión de vitalidad de su localidad.

El sistema está basado en la generación de electricidad por materiales piezoeléctricos, esta energía obtenida es almacenada mediante un capacitor y será usada para alimentar equipos electrónicos como linterna de mano, celular, parlantes, radio, entre otros de los pobladores del distrito de Incahuasi. La selección de este calzado está hecha de materiales de bajo costo.

**Palabras clave:** Generación de energía, piezoeléctrico y Dimensionamiento y Selección

## ABSTRACT

Climate change also affects our country, extreme low temperatures damage the physical and psychological state of the entire population, causing in this case various diseases, the impact falls on children and the elderly. The research will be carried out in the Incahuasi

Ferreñafe district, which is listed as the most vulnerable to exposure to extreme low temperatures in the Lambayeque region.

This work is named; "Sizing and selection of a piezoelectric system to generate energy in a heating shoe in the Incahuasi - Ferreñafe district, Lambayeque region", which aims to generate optimum power, taking advantage of the force exerted by the footfalls when walking. The power generated by the piezoelectric system must be greater than the power generated by the heating footwear and reach a comfortable temperature inside the footwear and thus protect the quality of life of its population.

The system is based on the generation of electricity by piezoelectric materials, this obtained energy will be used to feed a heating system, which will heat the footwear and this one to the lower extremities of the inhabitants of the Incahuasi district. The selection of this collector footwear is made of low-cost materials.

**Keywords:** Power generation, piezoelectric and Sizing and Selection.

## INTRODUCCIÓN

Se presenta esta investigación con el propósito de obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista.

El cambio climático y la degradación ambiental son problemas que empeoran con el tiempo. Aunque en Perú existen numerosos recursos de energía renovable y limpia, no se toman las medidas necesarias para realizar investigaciones exhaustivas ni se implementan proyectos que aprovechen estas energías para diversos fines, contribuyendo así a la protección del medio ambiente.

La tesis empezó formulada con la siguiente interrogante: ¿Cómo dimensionar y seleccionar un sistema piezoeléctrico para equipos electrónicos en el ámbito rural?

El método empleado fue el científico, con un enfoque de investigación experimental. La población de estudio se centró en una muestra de 20 familias. Para el análisis de las variables, se utilizó la estadística descriptiva.

Como consecuencia de ello nos planteamos la siguiente hipótesis: Si se aprovecha el caminar de las personas con el dimensionamiento de un sistema piezoeléctrico, se generará energía eléctrica para equipos electrónicos a fin de aplicarlas en proyecto de la sociedad en zonas de extrema pobreza.

Teniendo como objetivo general: Dimensionar y seleccionar un sistema piezoeléctrico para la generación de energía eléctrica en un calzado para equipos electrónicos en el distrito de Incahuasi de la Provincia de Ferreñafe, así mismo se plantea como objetivos específicos: Diagnosticar los beneficios que ofrece un sistema piezoeléctrico en una población de bajos recursos y escasos conocimientos sobre energía renovables, asimismo, determinar la potencia y la energía generada por el sistema piezoeléctrico, para después seleccionar el sistema piezoeléctrico que cumpla los requerimientos técnicos y de bajo costo aplicable al zapato en estudio para la población de Incahuasi, luego se realizara un análisis de comparación de costos con base a la energía producida por el sistema piezoeléctrico.

Como conclusión la investigación comprende de 6 capítulos: El primero se refiere a la introducción; el segundo se detalla el problema, justificación. Hipótesis y objetivos; el tercero el desarrollo del marco teórico; el cuarto se presenta el marco metodológico, el quinto presentamos los resultados obtenidos, y finalmente en el sexto capítulo se adjuntan las conclusiones y recomendaciones.

### **1.1. Realidad problemática**

El distrito de Incahuasi - Ferreñafe, está localizado en el extremo nor-oriental del Departamento de Lambayeque, esta faja es la más azotados por los cuadros de baja temperatura y recursos.

Los combustibles fósiles que se emplean actualmente son una de las principales causas del calentamiento global y del daño ambiental en todas las fases de su ciclo de vida, desde la extracción hasta la combustión.

Este no es el único inconveniente, pues también existe la amenaza de que estos recursos se agoten, lo cual podría desencadenar una crisis si no se implementan las medidas adecuadas.

La energía piezoeléctrica es una fuente inagotable que está subutilizada en nuestro país. Otros países desarrollados están trabajando con esta tecnología para el suministro eléctrico. Aunque representa un gran avance, esta fuente de energía tiene un potencial mucho mayor del que se le atribuye actualmente.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo obtener energía eléctrica para equipos electrónicos mediante la acción pisar la plantilla del calzado en el distrito de Incahuasi – Ferreñafe, región de Lambayeque?

### **1.3. Delimitación de la investigación**

El desarrollo de esta tesis está centrado en la generación de energía eléctrica por medio de la acción piezoeléctrico, la cual generará electricidad para equipos de baja potencia como celulares, lámparas led, entre otros.

Esta investigación no aplica para equipos de gran potencia como motores, calefactores, equipos que consuman una potencia superior a los 7 Watts.

### **1.4. Justificación e importancia de la investigación**

*En lo económico:*

La tecnología piezoeléctrica, siendo una de las energías limpias y renovables, es la más factible de utilizar debido al espacio necesario para su implementación. En la actualidad, es la fuente de energía renovable no convencional (ERNC) que proporciona la mejor relación costo-beneficio. Esto impulsa una investigación extensa en la integración de sistemas piezoeléctricos basados en energías renovables. Uno de los principales beneficios es la

disminución de los costos energéticos para los hogares, permitiéndoles aprovechar esta fuente de energía sin impactar su residencia.

*En lo social:*

Este proyecto impulsará el desarrollo comunitario y mejorará la calidad de vida, ya que el sistema piezoeléctrico para la generación de energía eléctrica beneficiará a toda la población, fomentando un progreso más avanzado.

*En lo ambiental:*

La producción de energía piezoeléctrica no generará residuos contaminantes. El principal beneficio de esta aplicación es la eliminación de combustibles fósiles y la combustión de hidrocarburos, lo que evita la emisión de gases contaminantes como el dióxido de carbono que afecta el medio ambiente.

### **1.5.Limitaciones de la investigación**

Escasa bibliografía sobre sistemas piezoeléctrico en un calzado, ya que se ha presentado como limitante la visita y la medición en el distrito de Cañaris – Ferreñafe por la pandemia del COVID 19.

### **1.6.Objetivo de la investigación**

#### *1.6.1. Objetivos generales:*

Dimensionar y seleccionar un sistema piezoeléctrico para generar energía eléctrica en un calzado para uso de equipos electrónicos, en el distrito de Incahuasi – Ferreñafe.

#### *1.6.2. Objetivos específicos:*

- Diagnosticar los beneficios que ofrece un sistema piezoeléctrico en una población de bajos recursos y escasos conocimientos sobre energía renovables.
- Determinar la potencia y la energía generada por el sistema piezoeléctrico.
- Seleccionar el sistema piezoeléctrico que cumpla los requerimientos técnicos y de bajo costo aplicable al zapato en estudio para la población de Incahuasi.
- Realizar un análisis de comparación de costos con base a la energía generada por el sistema piezoeléctrico.

## REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 2.1. Antecedentes internacionales

Entre los estudios previos realizados sobre los dispositivos para calentar calzado desarrollados, se incluyen los siguientes análisis.

En los Estados Unidos y China, los autores Ding Han y Ville Kaajakari (2009) propusieron un generador de energía para calzado; este dispositivo utiliza un transductor de polímero piezoeléctrico microestructurado cuyas propiedades se adaptan al contorno del zapato. Está diseñado para captar la energía generada al caminar sin comprometer la comodidad del usuario. De ese modo, el sistema completo de generación de energía se encuentra incorporado en el talón del zapato, proporcionando una potencia alta de salida (4 mW de potencia bruta, 2.6 mW de potencia regulada por zapato). Además, es compacto, suave, ligero, duradero y económico [1].

J. G. Rocha sugiere la utilización de polímeros piezoeléctricos para capturar la energía producida por el movimiento al caminar, y propone la creación de un calzado que pueda generar y retener esta energía. En su estudio, el fluoruro de  $\beta$ -polivinilideno electroactivo, empleado como material para capturar energía, fue integrado en una suela de dos tonos fabricada mediante inyección. Se incluyó también la electrónica requerida para mejorar la transferencia de energía y la eficiencia de almacenamiento. Además, se añadió un generador electrostático para incrementar la captación de energía [2]

En China, Jian Xin Shen y colaboradores (2013) desarrollaron un modelo inicial de un generador tubular lineal diseñado para un sistema de recolección de energía que se integra en el calzado. Este sistema aprovecha la energía producida por el movimiento hacia adelante durante la marcha. Se analizó la disposición del generador y se detalló la optimización geométrica a través de un análisis de elementos finitos. El prototipo creado se muestra en la figura 1 [3].

En China, Wen Jinchuan (2015) presenta un diseño de calzado que abarca componentes como el empeine, la parte superior, la suela, un panel de control, una lámina de calefacción eléctrica y un conector. El panel de control se sitúa en un compartimento interno de la parte superior y se conecta mediante cables tanto a la lámina de calefacción eléctrica como al conector. Cada zapato está caracterizado por contar con un panel de conducción de calor, elaborado con un plástico altamente resistente a los impactos, situado en la suela. La lámina de calefacción eléctrica se introduce en una hendidura del panel de conducción de calor, el cual está

confeccionado con policaprolactama, un plástico que posee propiedades conductoras térmicas y aislantes, muy resistente a los impactos.

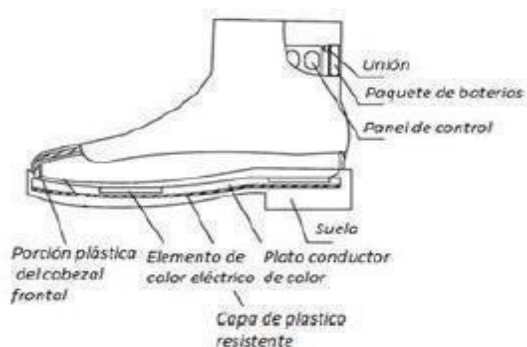
### Figura 1

*Prototipo de Jian-Xin Shen et al.*



### Figura 2

*Calzado propuesto por Wen Jinchuan.*



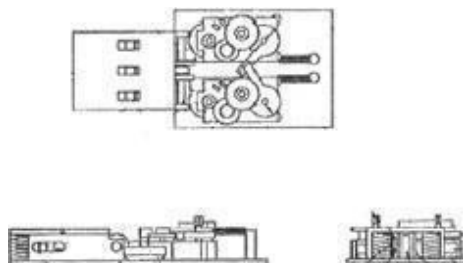
En Estados Unidos, Matthew James Stanton y colaboradores (2015) idearon un dispositivo para recolectar la energía producida por el impacto del talón con el suelo al caminar o correr. Cuando la placa del talón se desplaza hacia abajo, comprime los resortes de apoyo, mientras que un sistema de impulso amplía el alcance del movimiento y hace girar un brazo de palanca, lo que activa el funcionamiento del generador. Un conjunto de engranajes magnifica este proceso para incrementar la energía generada por el generador eléctrico mientras gira. La energía generada se guarda en una batería recargable de tamaño reducido y alto rendimiento. Luego, esta batería recarga cualquier dispositivo conectado al sistema (Figura 3). [4]

Georgii Ignatchenko y colaboradores (2016) introducen un sistema hidráulico concebido para capturar la energía producida al aplicar presión con el pie sobre una superficie, al mismo

tiempo que brinda amortiguación para absorber el impacto. Este sistema hidráulico para calzado puede, en algunos aspectos, integrar al menos una cámara dividida por una membrana elástica en dos compartimentos. En el primer compartimento se puede alojar gas, mientras que en el segundo se encuentra líquido. El gas funciona como amortiguador de impactos y como depósito temporal de energía, mientras que el líquido puede ser comprimido para activar un generador y generar energía. La presión puede generarse al aplicar fuerza con el calzado sobre una superficie y/o cuando la membrana elástica de la cámara intenta volver a su forma original. Ver figura 4. [5]

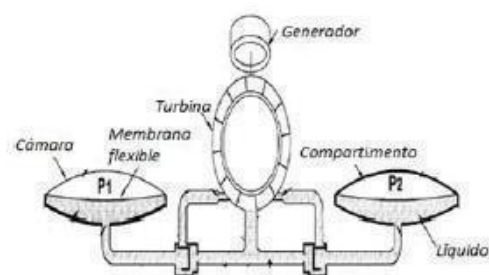
### Figura 3

*Sistema propuesto por Matthew James Stanton et al.*



### Figura 4

*Sistema propuesto por Georgii Ignatchenko et al*



## 2.2. Definiciones de términos básicos

- **Temperatura:** Es la energía expresada en términos de calor y frío de un objeto, un cuerpo o del medio ambiente.
- **Generación de energía:** Es la conversión de energía enelectricidad, a partir de las diferentes fuentes de energía de la naturaleza.
- **Energías renovables:** Procede de fuentes de la naturaleza siendo un recurso natural inagotable.
- **Energía mecánica:** La habilidad de los cuerpos para realizar movimientos, derivada de su energía potencial o cinética.
- **Energía cinética:** La produce cualquier cuerpo al ponerse en movimiento.
- **Energía potencial:** Es la energía que tienen los objetos debido a su posición en un campo de fuerzas o debido a la configuración de sus partes.
- **Capacitor:** Un aparato con la habilidad de retener energía eléctrica en forma de energía potencial y carga eléctrica, conocida como capacitancia, medida en Faradios.
- **Piezoelectricidad:** Consiste en el fenómeno físico de que cuando se aplica presión o se aprieta un material se produce con ello electricidad, este principio es utilizado para construir los sensores piezoeléctricos.
- **Sensor piezoeléctrico:** Es aquel sensor que este compuesto de material cerámicos cristales iónicos que son capaces de generar energía eléctrica cuando estos son deformados.

### 2.3. Bases teórico – científicas

El objetivo es lograr resultados positivos en la producción de energía eléctrica sostenible mediante la implementación de sistemas alternativos y tecnológicos. Este enfoque se ha convertido en un tema popular y altamente beneficioso en la actualidad, ya que permitirá convertir actividades cotidianas en herramientas funcionales para la aplicación de nuevos sistemas.

#### - *Definición de la energía*

La energía es la capacidad de realizar trabajo o provocar movimiento, siendo este último el resultado del trabajo debido a la composición de los objetos. Se sabe que la energía cambia a través de procesos de conversión, pero su cantidad total se mantiene constante, como lo establece el principio de conservación de la energía [8]. Esta no puede ser creada ni destruida, solo transformada. El joule es la unidad del Sistema Internacional para medir trabajo, energía y cantidad de calor, representada por la letra J.

#### - *Formas de clasificación de la energía*

Desde la perspectiva de su disponibilidad, la energía se clasifica en renovable y no renovable. Es importante señalar que ambas categorías proveen energía útil, como la iluminación en hogares o industrias [9]. Estos tipos de energía son los que realmente se utilizan y aprovechan.

**Energía renovable:** Se obtiene por las bondades que recibimos de la naturaleza – energía solar, ésta llega a nosotros permanentemente y que nunca se acaba.

**Energía no renovable:** Son obtenidas de fuentes de energía que no se pueden reemplazar en periodos breves de tiempo y se acabarían rápidamente a cortoplazo.

#### - *La potencia y el consumo de energía*

La potencia se define como la rapidez con la que una forma de energía se convierte en otra forma de energía, como la conversión de energía eléctrica en radiación o calor. En el contexto de la electricidad, la unidad de medida utilizada es el vatio, representado por la letra W. Un vatio equivale a la conversión de un joule de energía por segundo [9].

#### - *Fisiología del cuerpo humano*

Científicamente nuestro cuerpo debe mantener una temperatura habitual de 37°C muy aparte de la variación térmica del entorno, con la finalidad de mantener la salud y disponer de energía para realizar tareas domésticas.

Para reservar esta energía el cuerpo genera para sí mismo esta temperatura por medio de diferentes reacciones bioquímicas para mantener la función vital, efectuar esfuerzos y movimientos.

Si es desprendimiento del calor del cuerpo lo cede al medio ambiente en forma excesiva, el calor interno natural almacenado del cuerpo disminuye, entonces se afirma la presencia de estrés por efecto de las bajas temperaturas.

En esta ocasión, para aumentar la temperatura interna del cuerpo, y para disminuir la pérdida del mismo se realiza a través del incremento no controlado del metabolismo (termogénesis) y la constricción de los vasos sanguíneos.

La termogénesis involuntaria de la actividad muscular, conocida como "Tiritera", produce calor, mientras que la vasoconstricción reduce el flujo sanguíneo hacia las extremidades periféricas del cuerpo, limitando la pérdida de calor al medio ambiente. Esto previene el riesgo de congelación en manos y pies al disminuir el calor almacenado en estas áreas debido a la reducción del flujo sanguíneo [10].

#### - Energía Corporal

El cuerpo humano es considerado un acumulador de energía calorífica que podría ser empleado para la generación de energía eléctrica, específicamente esta energía se obtiene por el mecanismo de su funcionamiento orgánico o por la realización de diferentes actividades que pueden ser aprovechadas como, por ejemplo: la respiración, presión arterial y actividades físicas en general.

Cuando se genera calor corporal por las actividades que realizamos ésta nos podrían servir, sin embargo, se extingue en grandes cantidades cuando lo expulsamos por la piel mediante la evaporación del sudor. Esta pérdida por evaporación es el 25% de la disipación de este calor y la máxima potencia es entre 2.8W- 4.8W [11]

Otra actividad común es caminar, pero su recolección de datos presenta un desafío, ya que requeriría una fuente de energía constante incluso cuando el usuario está en reposo. La conversión de energía se realiza mediante diversos métodos, incluyendo dispositivos piezoeléctricos y generadores de rotación magnética, los cuales se eligen por su facilidad de instalación, eficiencia y capacidad de implementación en calzado sin causar daños al usuario [13], [14].

#### - Energía al caminar

¿Podría diseñarse algún dispositivo acoplable al pie de la persona que genere energía a partir su movimiento (generando calor), creando así una temperatura confort, para extinguir el problema de bajas temperaturas que enfrenta el ser humano en el lugar en el que habita?

Podemos comparar al cuerpo humano como una gran pila almacenadora de energía desde sus orígenes y conocedor que esta energía que almacena el hombrees útil y es posible utilizarlo en funciones vitales y que además que se pueda almacenar energía como si fuera una batería de 120 voltios y más de 25.000 julios.

"Según estudios, una persona al caminar genera aproximadamente 67 vatios de energía al día, y si consideramos el movimiento de todo el cuerpo, esta cifra puede alcanzar los 100 vatios", explicó Zhong Lin Wang, del Instituto de Nanoenergía y Nanosistemas de Pekín. Wang es uno de los desarrolladores de esta tecnología, que también contó con la colaboración del Instituto de Tecnología de Georgia en Estados Unidos, donde Wang es profesor de Ciencias de los Materiales. Este proceso de desarrollo fue documentado en un artículo publicado en la revista Nature Communications.

#### - La pisada humana

Al caminar, ocurre un golpe regular entre el talón y el suelo, donde la fuerza de impacto del pie puede ser hasta el doble del peso corporal de una persona. El movimiento del talón hacia arriba y abajo durante la pisada está influenciado por las propiedades físicas. En una zapatilla para correr con amortiguación, el movimiento vertical del impacto del pie es de aproximadamente 0.01 metros.

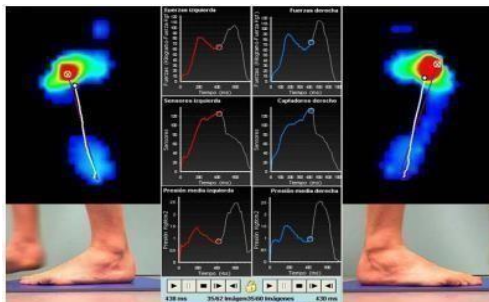
La cantidad de energía disponible para ser recolectada se determina por la fuerza del impacto, la verticalidad del movimiento del golpe del pie y la frecuencia de la marcha. Por ejemplo, un hombre de 68 kg caminando a una frecuencia de dos pasos por segundo tiene una potencia mínima disponible para recolección de aproximadamente 13.3 vatios. [16]

Se puede notar que existe una cantidad significativa de energía mecánica disponible para recolectar del movimiento del golpe del pie. De ese modo, durante cada ciclo de paso al caminar, tanto el golpe del talón como la separación del dedo del suelo se repiten con cada pie, lo que podría ser aprovechado para generar energía.

Cabe afirmar que se tiene diferentes fuerzas de presiones por el movimiento del pie al caminar durante el desplazamiento de la persona, según la región del pie, que incluye el retropié, mediopie y antepié.

## Figura 5

### *Pisada Humana*



#### - El capacitor

El capacitor, llamado también condensador, es un elemento electrónico que puede retener cargas eléctricas cuando se incorpora en un circuito y liberarlas cuando se elimina la fuente de energía, operando de manera similar a una batería.

Un capacitor se representa mediante dos placas paralelas separadas por un material dieléctrico, cada una con una cierta área de sección transversal. Hay una ecuación que explica este fenómeno, en la cual la capacitancia del dispositivo se calcula como el resultado de multiplicar la constante dieléctrica por el área de sección transversal de las placas, y luego dividirlo por la distancia de separación entre ellas.

Para crear un capacitor, simplemente necesitarías dos placas separadas por un material aislante o dieléctrico, que impide que haya flujo de corriente entre los polos positivo y negativo. Cuando aumentas el voltaje de la batería, se produce un fenómeno en el que se forman líneas de campo eléctrico y las placas comienzan a cargarse con polaridades positivas y negativas.

#### - El efecto piezoeléctrico

El fenómeno de la piezoelectricidad fue identificado por los hermanos científicos franceses, Jacques y Pierre Curie, en 1880. Ellos observaron que la aplicación de presión sobre el cuarzo y ciertos cristales generaba una carga eléctrica en esos materiales, un fenómeno conocido como efecto piezoeléctrico.

Pronto, los hermanos Curie identificaron el efecto piezoeléctrico inverso al darse cuenta de que la aplicación de un campo eléctrico en ciertos cristales provocaba deformaciones o distorsiones en ellos, un fenómeno ahora conocido como efecto piezoeléctrico inverso.

El vocablo "piezoelectricidad" deriva del término griego "piezo", que significa apretar o

presionar. Curiosamente, eléctrico en griego significa ámbar. Amber también resultó ser una fuente de carga eléctrica.

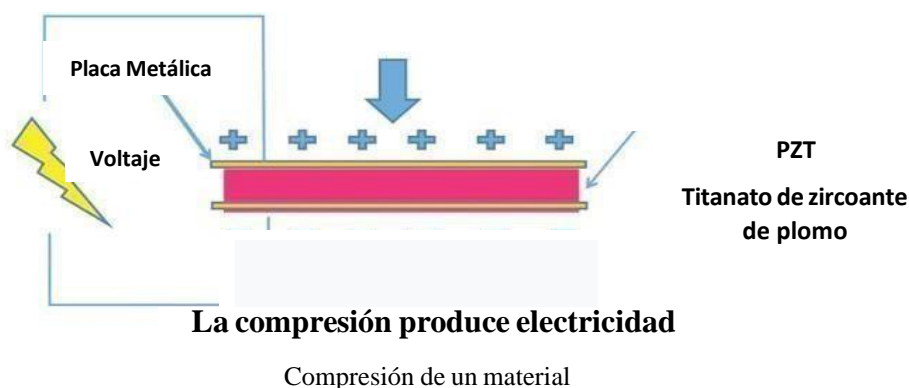
Muchos ingenios electrónicos de hoy día usan piezoelectricidad. Por ejemplo, cuando usa algún tipo de software de reconocimiento de voz, o hasta Siri en su teléfono inteligente, el micrófono con el que está hablando probablemente esté usando piezoelectricidad. Ese cristal piezoeléctrico transforma la energía del sonido en señales eléctricas que pueden ser interpretadas por su ordenador o teléfono. Todo esto es posible gracias a la piezoelectricidad. El avance hacia tecnologías más avanzadas ha sido impulsado por el éxito de la piezoelectricidad. Por ejemplo, dispositivos como el sonobuoy, micrófonos sensibles de pequeño tamaño y transductores de tono de audio de cerámica han sido posibles gracias a esta propiedad. Actualmente, estamos presenciando el desarrollo continuo de nuevos materiales y mecanismos piezoeléctricos con cada avance.

- Efecto piezoeléctrico directo

Como se indicó, la compresión de un material piezoeléctrico produce electricidad (piezoelectricidad). La figura 6 explica el concepto.

**Figura 6**

*Compresión de un material*



El efecto piezoeléctrico se produce cuando se aplica compresión a un material piezoeléctrico.

El material piezocerámico (una cerámica o cristal piezoeléctrico no conductor) se sitúa entre dos placas de metal. Para generar piezoelectricidad, es necesario comprimir o aplicar presión a este material. La tensión mecánica aplicada al material cerámico piezoeléctrico produce electricidad.

Como ilustra la Figura 6, hay un potencial de voltaje presente en el material. El cristal piezoeléctrico está situado entre dos placas de metal. Estas placas acumulan cargas, lo que produce un voltaje (representado por el símbolo del rayo), es decir, piezoelectricidad. De esta manera, el efecto piezoeléctrico funciona como una pequeña fuente de energía al generar electricidad, conocida como el efecto piezoeléctrico directo. Los dispositivos que emplean este efecto incluyen micrófonos, sensores de presión, hidrófonos y una variedad de otros dispositivos de detección.

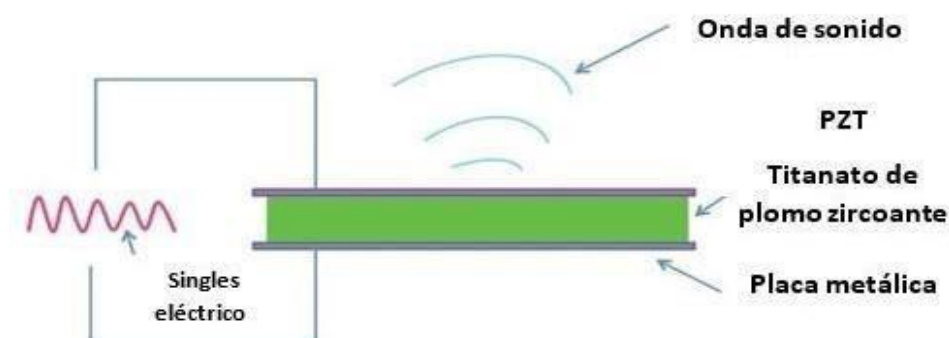
- Efecto piezoeléctrico inverso

El efecto piezoeléctrico puede invertirse, lo que se denomina impacto piezoeléctrico inverso. Esto se logra al aplicar un voltaje eléctrico para contraer o expandir un cristal piezoeléctrico (Fig.7).

El impacto piezoeléctrico inverso convierte la energía eléctrica en energía mecánica.

### Figura 7

*Efecto piezoeléctrico inverso*



La inversión del efecto piezoeléctrico, llamado efecto piezoeléctrico inverso, es cuando se aplica voltaje para contraer o expandir un cristal piezoeléctrico.

El empleo del impacto piezoeléctrico inverso puede ayudar en el desarrollo de dispositivos que generen y produzcan ondas sonoras acústicas. Los altavoces son ejemplos de dispositivos acústicos piezoeléctricos (comúnmente encontrados en mecanismos portátiles) o los zumbadores. La ventaja de poseer estos parlanteses que son muy delgados, lo que los hace útiles en una serie de teléfonos. Incluso los ultrasonidos médicos y los transductores de sonda utilizan el efecto piezoeléctrico inverso. Los mecanismos piezoeléctricos inversos no acústicos incluyen motores y actuadores.

## - Materiales piezoeléctricos

Los materiales piezoeléctricos son materiales que pueden producir electricidad debido a tensiones mecánicas, como la compresión. Estos materiales también pueden deformarse cuando se aplica voltaje (electricidad).

Todos los materiales piezoeléctricos no son conductores para que el efecto piezoeléctrico ocurra y funcione. Se pueden separar en dos grupos: cristales y cerámica.

Algunos ejemplos de materiales piezoeléctricos son PZT (también conocido como titanato de circo nato de plomo), titanato de bario y niobato de litio. Estos materiales artificiales tienen un efecto más pronunciado (mejor material para usar) que el cuarzo y otros materiales piezoeléctricos naturales.

Compare PZT con cuarzo. PZT puede producir más voltaje para la misma cantidad de tensión mecánica aplicada. Por el contrario, la aplicación de voltaje a PZT en lugar de cuarzo proporciona más movimiento. El cuarzo, un material piezoeléctrico bien conocido, es también el primer material piezoeléctrico conocido. PZT se crea y produce (a altas temperaturas) con dos elementos químicos, plomo y circonio, y se combina con un compuesto químico llamado titanato. La fórmula química de PZT es  $(\text{Pb} [\text{Zr} (x) \text{Ti} (1-x)] \text{O}_3)$ . Se usa comúnmente para producir transductores de ultrasonidos, condensadores de cerámica y otros sensores y actuadores. También muestra una gama especial de diferentes propiedades. En 1952, PZT fue fabricado por el Instituto de Tecnología de Tokio.

El titanato de bario es un material cerámico ferroeléctrico con propiedades piezoeléctricas. Por esa razón, el titanato de bario se ha utilizado como material piezoeléctrico durante más tiempo que la mayoría de los demás. Su fórmula química es  $\text{BaTiO}_3$ . El titanato de bario fue descubierto en 1941 durante la Segunda Guerra Mundial.

El niobato de litio es un compuesto que combina oxígeno, litio y niobio. Su fórmula química es  $\text{LiNbO}_3$ . También es un material cerámico ferroeléctrico, es como el titanato de bario, ya que también tiene propiedades piezoeléctricas.

## - Dispositivos piezoeléctricos

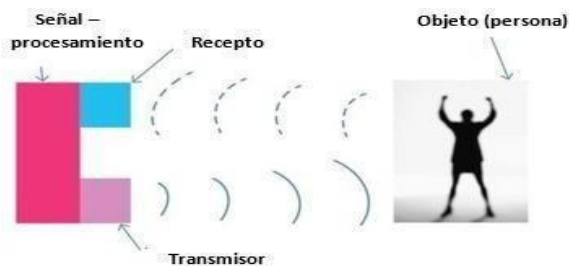
- Sonar

La tecnología del sonar, que surgió en la década de 1900, fue inventada por Lewis Nixon. Inicialmente, Nixon desarrolló el sonar con el propósito de detectar icebergs y prevenir accidentes marítimos. Sin embargo, su aplicación se intensificó durante la Primera Guerra

Mundial para ayudar en la localización de submarinos. Desde entonces, el sonar ha encontrado una amplia variedad de aplicaciones beneficiosas, desde la detección de peces hasta la navegación submarina, entre otras.

### Figura 8

#### *Dispositivos piezoeléctricos*



Con el sonar piezoeléctrico, un transmisor que utiliza el efecto piezoeléctrico inverso envía una onda de sonido para buscar objetos por delante.

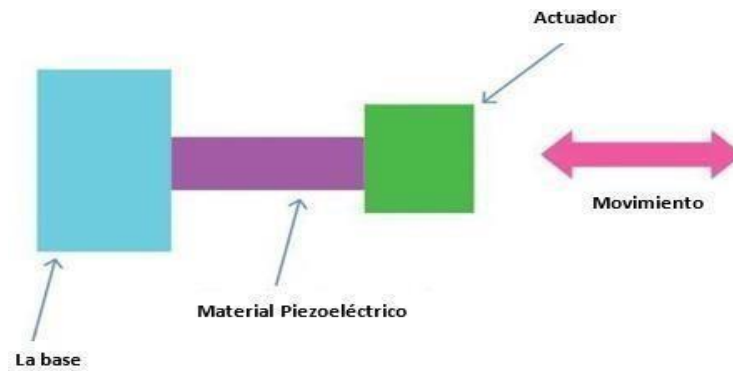
En la Figura 8, el sonar está enviando, a través del transmisor, una onda de sonido (señal) para rastrear objetos por delante. El transmisor usa el efecto piezoeléctrico inverso, que es cuando el transmisor usa voltaje para ayudarlo a emitir una onda de sonido. Una oportunidad que la onda de sonido golpea un objeto, se recupera. El receptor detectará la onda de sonido que rebota. El receptor, a diferencia del transmisor, utiliza el efecto piezoeléctrico directo. El mecanismo piezoeléctrico receptor se comprime por la onda de sonido de retorno. Envía la señal (voltaje) a la electrónica de procesamiento de señal, que tomará esa onda de sonido rebota y comenzará a procesarla. Determinará la latencia del efecto calculando las señales de temporización del transmisor y el receptor.

#### - Actuadores Piezoeléctricos

La figura 9 muestra el funcionamiento de un actuador piezoeléctrico. La base permanece quieta y actúa como la placa de metal que intercala el material piezoeléctrico del medio. Luego se aplica voltaje al material, que se expande y contrae desde el campo eléctrico del voltaje aplicado. El cristal piezoeléctrico se mueve muy poco, ya sea hacia adelante o hacia atrás. Una vez que el material piezoeléctrico o el cristal se mueve, empuja y tira lentamente del actuador.

## Figura 9

### Acumulador piezoeléctrico



#### - Sensor piezoeléctrico

Es un sensor hecho de materiales cerámicos o cristales iónicos que puede generar energía eléctrica cuando se somete a alta presión o deformación. Para su funcionamiento están basados bajo las propiedades de la piezoelectricidad en la cual el material que se somete a un febril campo eléctrico para mandar las sobrecargas eléctricas del mismo.

Cuando se elimina el campo eléctrico, las cargas quedan libres y, al aplicar presión o deformación nuevamente, se realinean, generando una señal eléctrica deseada. Estos sensores se componen de tres partes esenciales: primero, un material piezoeléctrico, que puede ser cuarzo, rubidio, sal de Rochelle o cerámicos; segundo, una placa de metal que actúa como base; y finalmente, cables para conducir la energía generada.

#### - Tipos de sensores piezoeléctricos

**Sensor piezoeléctrico de presión:** El cual tiene como finalidad medir una presión ejercida sobre el de gases o líquidos y se clasifican en dos tipos de lata presión y baja presión.

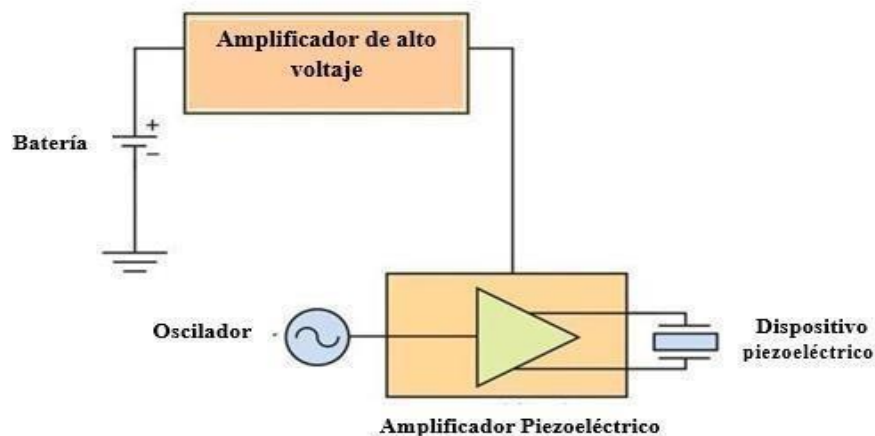
**Sensor eléctrico de fuerza:** El cual suele ser utilizado para medir la presión dinámica y cuerdas de atracción muchas veces esto tiene sobre su trivial enla práctica de la construcción.

**El Acelerómetro:** Existen diferentes tipos de acelerómetros piezoeléctricos como, por ejemplo, sellados en acero inoxidable, cona agujero pasante y triaxiales, generalmente estos dispositivos se usan para medir las vibraciones enlas maquinas industriales.

**Figura 10***Sensor piezoeléctrico*

### 3.1.1. Conductores piezoeléctricos

Los controladores piezoeléctricos tienen la capacidad de elevar el voltaje bajo de una batería para alimentar dispositivos piezoeléctricos. Son componentes de suma importancia, ya que asisten a los ingenieros en la generación de voltajes más altos para producir ondas sinusoidales de mayor amplitud.

**Figura 11***Conductores piezoeléctricos*

Un regulador piezoeléctrico transforma un bajo voltaje de la batería en un voltaje más alto, el cual se utiliza para alimentar un amplificador que impulsa el mecanismo. Un oscilador genera pequeñas ondas sinusoidales que el amplificador convierte en ondas sinusoidales de mayor

amplitud.

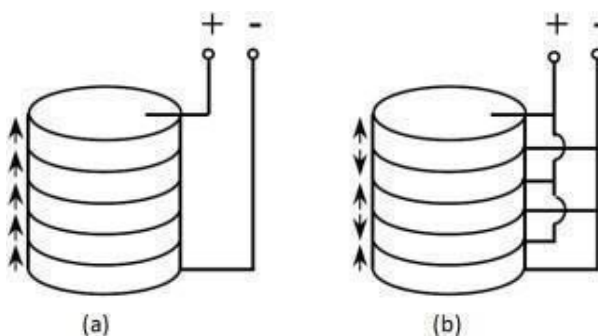
La Figura 11 es un diagrama de bloques que ilustra la operación del controlador piezoeléctrico. Los controladores piezoeléctricos tomarán un voltaje de batería bajo y usarán un refuerzo para convertirlo a un voltaje más alto. El voltaje elevado se utiliza para alimentar el amplificador. El oscilador genera pequeñas ondas sinusoidales, que el amplificador convierte en ondas sinusoidales de mayor voltaje. Estas ondas son las que activan el dispositivo piezoeléctrico.

- *Tipos de conexión (serie – paralelo)*

Los transductores piezoeléctricos se han empleado tradicionalmente como sensores o actuadores de tamaño reducido. Sin embargo, cuando se utilizan como generadores de energía, un solo transductor no es suficiente para generar una cantidad significativa de energía. Por lo tanto, en la mayoría de las aplicaciones de "captación de energía" actuales, es necesario el uso de varios transductores. Es crucial la forma en que estos transductores están conectados entre sí, ya que esto determinará la forma en que se genera la energía eléctrica. Además de la conexión eléctrica, la disposición física de los transductores también es importante para maximizar la energía capturada. Una manera de aumentar la densidad de los transductores y mejorar la potencia obtenida por metro cuadrado es apilarlos en una estructura conocida como "stack", ya sea en serie o en paralelo. Estos stacks pueden constar de hasta 145 capas. Asimismo, se pueden disponer múltiples transductores al mismo nivel y conectarlos en serie o en paralelo, dependiendo de las propiedades deseadas del transductor final. La figura siguiente ilustra cómo se organizan en serie o en paralelo según su polaridad.

**Figura 12**

*Stack de piezoeléctricos, (a) conexión en serie, (b) conexión en paralelo*

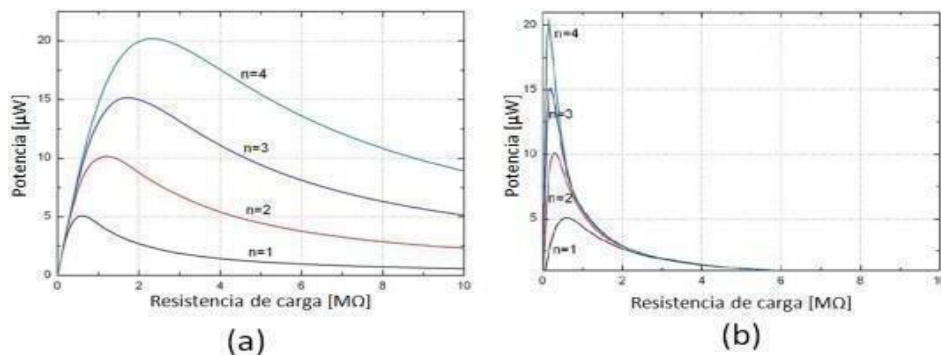


En los transductores piezoeléctricos conectados en serie, se apilan uno sobre otro con la misma polaridad. En cambio, en la conexión en paralelo, las polaridades se alternan, creando nodos positivos y negativos. Aunque el tipo de conexión no altera la potencia máxima generada, sí afecta la manera en que se distribuye. Su funcionamiento es comparable al de

cualquier otra fuente de energía, como una batería. Por ejemplo, al conectar dos transductores en serie, se duplica la caída de tensión en comparación con un solo transductor.

**Figura 13**

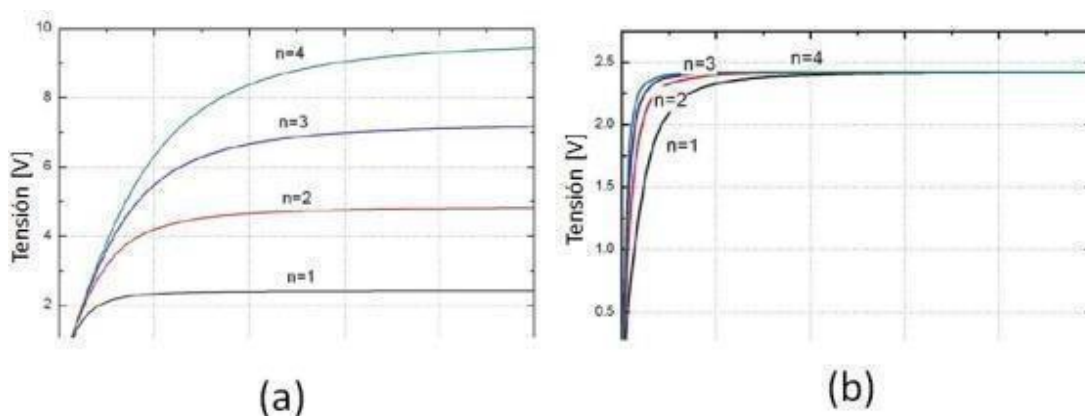
*Potencia entregada por stack de PZTs, (a) conexión en serie, (b) conexión en paralelo.*



Como se puede observar en la figura, la potencia máxima entregada depende únicamente del número de transductores. Sin embargo, la resistencia equivalente necesaria para alcanzar esa potencia máxima varía significativamente. Esto se debe a que la potencia transmitida es el producto de la tensión y la corriente. Al igual que en cualquier circuito eléctrico, en las conexiones en serie las tensiones se suman, mientras que en las conexiones en paralelo se suman las corrientes.

**Figura 14**

*Medidas de tensión en circuito abierto, (a) conexión en serie, (b) conexión en paralelo*



La figura muestra que la tensión de salida medida en los transductores piezoeléctricos varía según el tipo de conexión. Por ejemplo, con la excitación aplicada, un solo transductor piezoeléctrico genera una tensión ligeramente inferior a 2,5 V. Cuando se conectan en serie, estas tensiones se suman, mientras que en paralelo se traduce en un aumento de la potencia

entregada.

- *Aplicaciones*

Aunque el efecto piezoeléctrico no es novedoso, el avance de las nuevas tecnologías, su reducción de tamaño y los progresos en la eficiencia energética, crean en la actualidad las condiciones propicias para explorar las posibles aplicaciones de este fenómeno. Según la definición de la RAE, un transductor es un dispositivo que convierte los efectos de una causa física, como la presión, la temperatura, la expansión, la humedad, etc., en otro tipo de señal, generalmente eléctrica. [10]

Esto implica que estos materiales pueden desempeñar roles tanto como sensores como actuadores en sistemas que demanden la interacción entre diferentes tipos de señales.

***En los mecheros***, se activa mediante un ligero movimiento en forma de arco. En esta situación, el sistema actúa como un actuador: una fuerza mecánica se aplica sobre una palanca, que a su vez presiona un material piezoeléctrico. Esto genera una chispa que enciende el gas expulsado por el encendedor. Este mecanismo también se emplea en otros tipos de encendedores, como los de braseros, cocinas, barbacoas, y otros dispositivos similares.

***En los teclados***, utilizan un encendido eléctrico producido por un transductor piezoeléctrico, los cuales suelen tener propiedades idóneas para sistemas resistentes, industriales, médicos o exteriores. Incluso en la actualidad, hay teclados capaces de generar parte de la energía requerida para su funcionamiento aprovechando la energía generada durante la escritura.

***Los Micrófonos***, altavoces o auriculares son otras aplicaciones habituales de los materiales piezoeléctricos, los cuales transforman señales eléctricas en vibraciones y luego en sonido, o viceversa. Algunas impresoras aún utilizan actuadores piezoeléctricos para expulsar la tinta, lo que ofrece la ventaja de tener el cabezal integrado en la propia impresora, reduciendo así el costo de los cartuchos.

***En la industria de la automoción***, se utilizan sensores de vibración o presión, motores piezoeléctricos, y aplicaciones médicas como la toma de ultrasonidos terapéuticos. Además, en la industria, hay sensores que requieren medir la deformación, presión y fuerza aplicada a un material. Estos sensores también son empleados en la construcción de cimientos y edificios.

***Sensores de vibración o de presión***, en aplicaciones industriales, motores piezoeléctricos,

usos en medicina, para la toma de ultrasonidos terapéuticos y en el ámbito industrial se pueden encontrar sensores que precisan la deformación, presión y fuerza a la que se somete un material, estos sensores también se usan en la construcción a base de cimientos y edificios.

En realidad, en los últimos años se ha iniciado el desarrollo de los piezoeléctricos para diversas aplicaciones, especialmente en la generación de energía eléctrica. Si un dispositivo de dimensiones reducidas y con una fuerza mínima puede generar una carga, este efecto puede ser amplificado al aplicar cargas mayores, instalar más dispositivos o aumentar su tamaño.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Enfoque**

Esta propuesta de dimensionamiento y selección de un sistema piezoeléctrico para generar energía eléctrica en un zapato para uso de equipos electrónicos. Tiene un enfoque cualitativo.

### **3.2. Tipo**

El presente estudio de investigación tipo, tiene las condiciones de investigación metodológicas aplicada y tecnológica, debido a que se utilizan conocimientos de generación de energía para equipos electrónicos a fin de aplicarlas en proyecto de la sociedad en zonas de extrema pobreza.

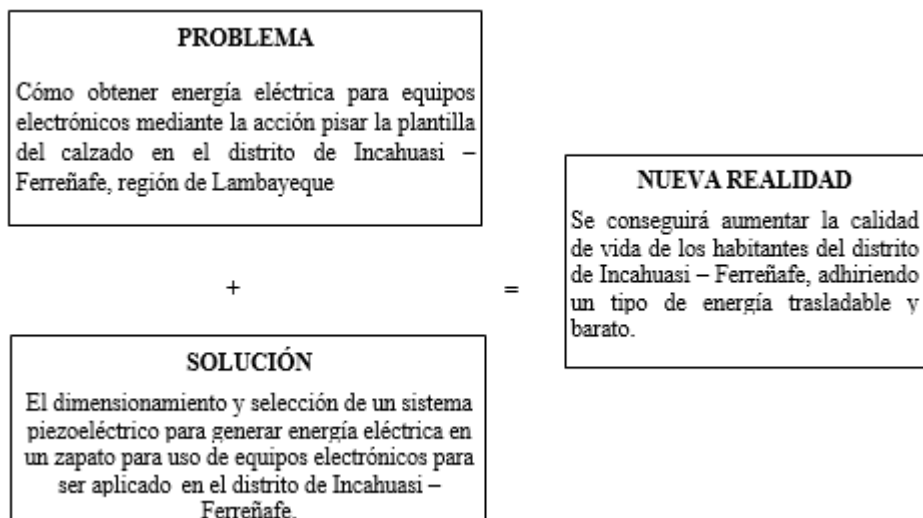
### **3.3. Nivel**

De acuerdo con los objetivos de investigación trazados permite por su alto nivel propuesto características de estudio descriptivo y correlacionado por que se dan datos y características del accionar de la población en estudio.

Se efectuará el análisis de generación de energía eléctrica con el objetivo de obtener una potencia optima.

### **3.4. Diseño de investigación**

Dentro del estudio de investigación se realizará el dimensionamiento y selección de un sistema piezoeléctrico para generar energía eléctrica en un zapato para uso de equipos electrónicos para obtener una potencia optima, aprovechando el movimiento habitual al caminar, será del tipo cualitativo.

**Figura 15***Diseño de la investigación*

**Nota.** Elaboración propia

### 3.5. Población

Los habitantes del distrito de Incahuasi.

### 3.6. Muestra

Conformado por 20 personas en distrito de Incahuasi.

### 3.7. Formulación de la hipótesis

Si se aprovecha el caminar de las personas con el dimensionamiento de un sistema piezoeléctrico, se generará energía eléctrica para equipos electrónicos a fin de aplicarlas en proyecto de la sociedad en zonas de extrema pobreza.

### 3.8. Criterios de selección

Para los criterios de selección debemos saber las características que deberán reunir el sujeto de estudio.

- Seleccionar el tipo de capacitor para almacenar energía.
- La cantidad de energía que produce el sistema piezoeléctrico.
- Disponibilidad de los materiales y factibilidad de fabricación.

### **3.9. Operación de variables**

#### **Variable independiente:**

El sistema piezoeléctrico para la generación de energía.

#### **Variable dependiente:**

La energía eléctrica.

**Tabla 1***Operacionalización de las Variables*

<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ÍNDICE</b>	<b>TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	<b>INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>
<b>Variable independiente</b> El sistema piezoeléctrico	Masa	kilogramos	KG	Análisis de documentos	Guías de observaciones Cuestionario Hoja de encuesta Guía de análisis de documentos	Amperímetro
	Potencia	Potencia eléctrica	KW	Observación		
	Frecuencia	Hertz	Hz	Entrevista Encuesta		
<b>Variable dependiente</b> Energíaeléctrica	capacitor	Faradio	F	Análisis de documentos Observación Entrevista Encuesta	Guías de observaciones Cuestionario Hoja de encuesta Guía de análisis de documentos	Termómetro

### **3.10. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### Técnicas

Técnicas para utilizar en la investigación son:

- Entrevistas virtuales
- encuestas

#### Instrumentos

Instrumentos que se emplearán en las técnicas son:

- Resumen
- Fotografías
- mapas
- Sitios Web, reportes estadísticos.

### **3.11. Procedimiento de recolección de datos.**

Iniciamos con recopilación de la información disponible por las entidades técnicas (INEI) y científicas (SENAMHI), así como de los sectores (INDECI, MINSA), referente a los fenómenos recurrentes y resultados de las encuestas.

### **3.12. Procesamiento y análisis de datos**

El procesamiento de análisis de datos de resultados de las encuestas que se realizara con un Software Microsoft Excel.

## 3.13. Matriz de consistencia

Tabla 2

Matriz de consistencia

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	POLACIÓN Y MUESTRA
Dimensionamiento y selección de un sistema piezoeléctrico para generar energía eléctrica en un calzado para uso de equipos electrónicos para el distrito de Incahuasi – Ferreñafe - Lambayeque	¿Cómo obtener energía eléctrica para equipos electrónicos mediante la acción pisar la plantilla del calzado en el distrito de Incahuasi – Ferreñafe, región de Lambayeque?	<b>OBJETIVO GENERAL:</b>	Si se aprovecha el caminar de las personas con el dimensionamiento de un sistema piezoeléctrico, se generará energía eléctrica para equipos electrónicos a fin de aplicarlas en proyecto de la sociedad en zonas de extrema pobreza.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	Los habitantes del distrito de Incahuasi.
		Dimensionar y seleccionar un sistema piezoeléctrico para generar energía eléctrica en un zapato de uso para equipos electrónicos, para el distrito. de Incahuasi – Ferreñafe.			Masa	
		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b>			Potencia	
		Diagnosticar los beneficios que ofrece un sistema piezoeléctrico en una población de bajos recursos y escasos conocimientos sobre energía renovables.		El sistema piezoeléctrico para la generación de energía	Energía	
		Determinar la temperatura más elevada y la más baja del distrito de Incahuasi durante un año del 2019.			<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	VARIABLE DEPENDIENTE
		Determinar la potencia y la energía generada por el sistema piezoeléctrico.			Capacitor	
		Seleccionar el sistema piezoeléctrico aplicable al zapato en estudio			Energía eléctrica	Energía
Seleccionar el zapato adecuado			Conformado por 100 familias del distrito de Incahuasi.			

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Localización del proyecto

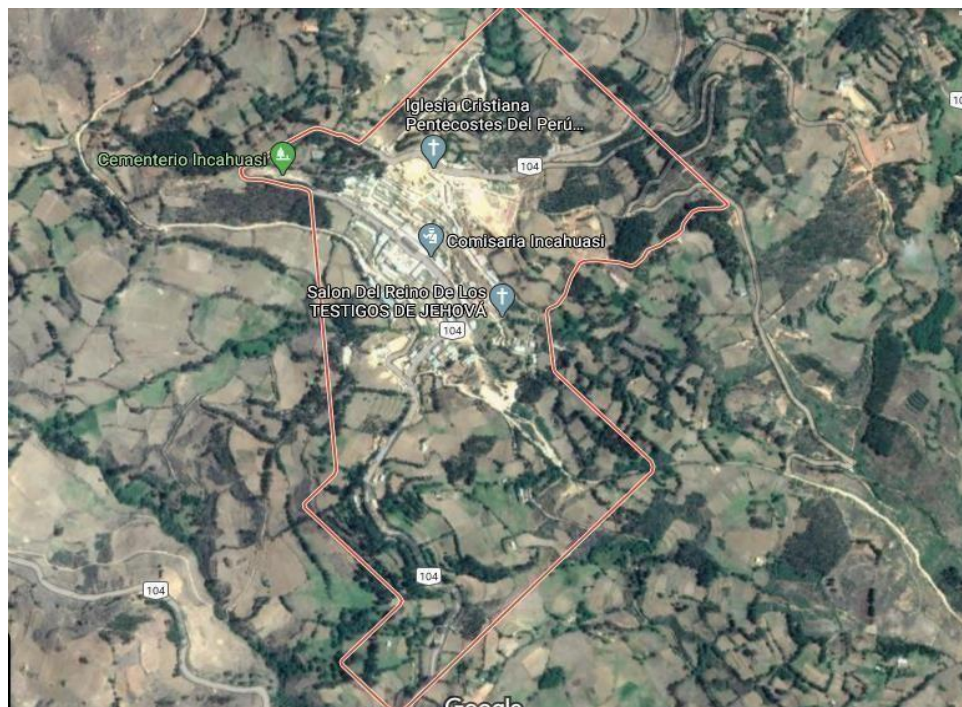
El presente proyecto se encuentra ubicado en Distrito de Incahuasi, perteneciente a la Provincia de Ferreñafe, Región Lambayeque.

#### I. Localización Geográfica

Se localiza en el nordeste del departamento, a lo largo de la cuenca media alta del río La Leche, abarcando desde el paralelo  $6^{\circ} 05' 00''$  hasta el  $6^{\circ} 24' 30''$  de latitud sur y entre los meridianos  $79^{\circ} 16' 10''$  y  $79^{\circ} 30' 00''$  de longitud oeste. Su topografía varía, con altitudes que oscilan entre los 310 y 4,000 metros sobre el nivel del mar.

#### Figura 16

*Ubicación del distrito de Incahuasi – Ferreñafe.*



**Nota.** Google maps

## II. Extensión Territorial

El área del Distrito de Incahuasi comprende 443,91 km<sup>2</sup>, que corresponden a unas 41,735 hectáreas, e incluye la presencia de 79 caseríos que conforman sus centros poblados rurales.

## III. Población:

El INEI en el 2017, durante los Censos Nacionales dio a conocer que el distrito de Incahuasi cuenta con una población total de 15 518 habitantes.

## IV. Límites

Los límites del Distrito andino de Incahuasi son:

- Por el Norte: Con el Distrito de Cañaris
- Por el Sur: Con el Distrito de Pítipo y Chota
- Por Este: Con la provincia de Chota
- Por el Oeste: Con la provincia de Lambayeque

## V. Altitud

El distrito de Incahuasi tiene una altitud de 3052 msnm

**Diagnosticar los beneficios que ofrece un sistema piezoeléctrico en una población de bajos recursos y escasos conocimientos sobre energía renovables.**

Evaluación para el conocimiento de los beneficios que ofrece un sistema piezoeléctrico.

I. Datos Informativos:

- Autora : Angie Hilda Carrasco Panta
- Tipo de instrumento : Cuestionario, tipo escala valorativa
- Niveles de aplicación : Pobladores del Distrito de Incahuasi
- Administración : Individual.
- Duración : 15 minutos.
- Materiales : Un ejemplar, instrumento impreso, lapicero.
- Responsable de la aplicación : Autora

II. Descripción y propósito:

El instrumento a emplear consiste en 18 ítems distribuidos en las distintas dimensiones de la variable.

III. Análisis de Fiabilidad

Estadísticos de fiabilidad Alfa	
Alfa de Cronbach	N° de elementos
0,902	18

Se creó un cuestionario compuesto por 18 preguntas, cuya validez de contenido se examinó mediante la evaluación de expertos. La fiabilidad del instrumento se determinó analizando la consistencia interna a través del método del coeficiente alfa de Cronbach.

Mediante la varianza de los ítems:

Donde:

$$\alpha = \frac{K \left[ 1 - \frac{\sum Vi}{K-1} \right]}{K-1}$$

$\alpha$  = Alfa de Cronbach

K = Número de ítems

$Vi$  = Varianza de cada ítem

$Vt$  = Varianza total

El resultado obtenido para este instrumento es de 0,902, lo cual señala un alto grado de confiabilidad.

**Tabla 3**

*Factores Sociodemográficas del Distrito de Incahuasi -Lambayeque 2020*

		Recuento	Porcentaje
Sexo	Mujeres	9	45,0
	Hombres	11	55,0
Edad	14 – 25 años	11	55,0
	26 – 35 años	6	30,0
	36 – 45 años	1	5,0
Grado de instrucción	Más de 45 años	2	10,0
	Analfabeto	1	5,0
	Primaria	3	15,0
	Secundaria	16	80,0
Zona de residencia	Rural	20	100,0

Cuenta con el servicio de Energía Eléctrica	No	15	75,00
	Sí	5	25,00

**Nota.** Instrumento aplicado a los pobladores del Distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020.

### **Interpretación:**

En la tabla 3 y gráfico 16 se observa las características sociodemográficas de personas de Incahuasi expuestas a temperaturas menores a 17°.

En cuanto al sexo el 45,0% son mujeres y el 55,0% son varones.

Según su edad se tiene que 55,0% de las personas tienen de 14 – 25 años; 30,0% de las personas tienen de 26 – 35 años; 5,0% de las personas tienen de 36 – 45 años y 10,0% de las personas tienen más de 45 años.

En el grado de instrucción el 5,0% de las personas son analfabetos; 15,0% de las personas tienen estudios primarios y 80,0% de las personas tienen estudios secundarios. El 100,0% de las personas viven en la zona rural.

Entre los pobladores del Distrito de Incahuasi que no cuentan con el servicio de energía eléctrica preexistentes es el 75,0% de las personas, el 25% si cuentan con el servicio de energía eléctrica.

### **Análisis:**

Los resultados indican que la mayoría en estudio son varones, donde la edad predominante está entre los 14 a 25 años.

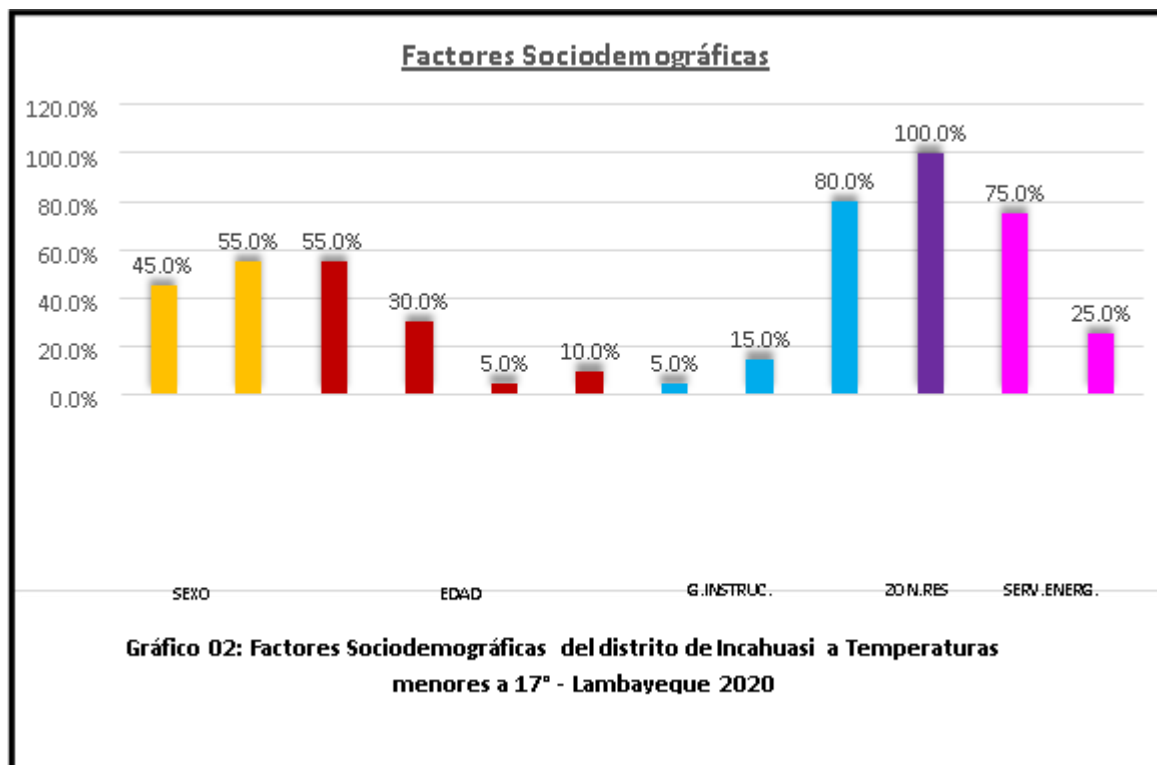
Podemos concluir que existe un porcentaje representativo de personas con estudios secundarios.

Todos viven en una zona rural

Hay un alto porcentaje de personas que no cuentan con el servicio de energía eléctrica preexistente.

**Figura 17**

*Factores sociodemográficas del distrito de Incahuasi a temperaturas menores a 17°*



**Tabla 4**

*Estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como linterna, según la población de bajos recursos del distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020.*

		Recuento	Porcentaje
Con que frecuencia lo utiliza	Frecuentemente	13	65,0
	A menudo	3	15,0
	A veces	2	10,0
	Rara vez	1	5,0
	Nunca	1	5,0
Le causa daños la luz de la linterna	Frecuentemente	2	10,0
	A menudo	8	40,0
	A veces	4	20,0
	Rara vez	6	30,0
	Nunca	0	0,0
Cada que tiempo se recarga	Frecuentemente	14	70,0
	A menudo	3	15,0
	A veces	1	5,0
	Rara vez	2	10,0
	Nunca	0	0,0

**Nota.** Instrumento aplicado a los pobladores del Distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020.

En la tabla 4 y figura 17 se observa el estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como linterna, según los pobladores de distrito de Incahuasi:

En cuanto a la frecuencia de utilización del equipo el 65,0% de las personas indica que utilizan la linterna para sus trabajos en el campo de noche frecuentemente; 15,0% de las

personas indica que a menudo toman uso de la linterna; 10,0% de las personas indica que a veces utilizan la linterna; mientras que 5,0% de las personas rara vez utilizan el quipo – linterna y 5,0% de las personas indican que nunca utilizan las linternas especialmente jóvenes que no van al campo de noche a trabajar.

Sobre la causa de daños que puede traer la luz de la linterna el 40,0% de las personas indican que a menudo han observado molestias en sus vistas; el 30,0% de las personas indican que rara vez han observado molestias en las vistas, el 20% e personas indican que a veces sienten molestias en las vistas por el uso de linternas, mientras el 10% indican que frecuentemente han observado muchas molestias en sus vistas.

En cuanto a cada que tiempo se recarga la linterna se tiene que el 70,0% de las personas recargan sus linternas con frecuencia; 15,0% de las personas recargan sus linternas a menudo; 10,0% de las personas recargan sus linternas especialmente los jóvenes que solo lo utilizan para realizarse su aseo raras veces y 5,0% de las personas a veces recargan sus linternas.

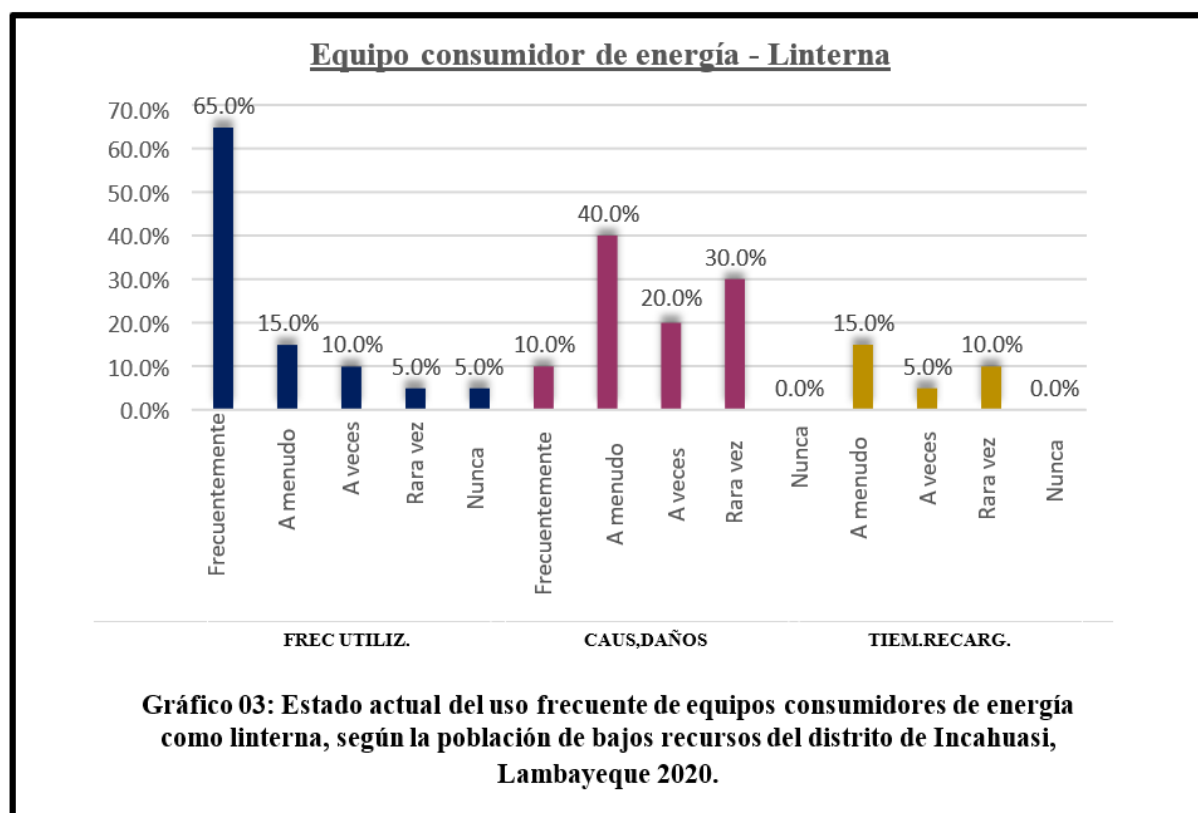
#### **Análisis:**

En cuanto al uso de equipos de consumo de energía como es la linterna por los habitantes del distrito de Incahuasi se puede concluir que el 95,0% de las personas lo utilizan ya que la gran mayoría de pobladores trabajan de noche en el campo y no cuentan con energía eléctrica, a diferencia del 5,0% que no presenta este problema. También el 100,0% de las personas señalan que les causa daños la luz de la linterna. Además, el 90,0% de las personas indican que, si cargan reiteradas veces sus linternas, ya que el mayor porcentaje de encuestados son personas que trabajan de noche en el campo y no cuentan en su zona con el servicio de energía eléctrica; mientras que el 10,0% de las personas indican que rara vez cargan sus linternas, especialmente las personas que solo los utilizan en su hogar por pocas horas.

Esto permite llegar a la conclusión que la mayoría de las personas del distrito de Incahuasi no cuentan con el servicio de energía eléctrica y tienen un uso frecuente del equipo – linterna consumidora de energía recargables como consecuencia del uso frecuente de estos equipos les causa daños a sus vistas de los pobladores.

**Figura 18**

*Estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como linterna.*



**Fuente:** Instrumento aplicado a los pobladores del Distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020

**Nota.** Instrumento aplicado a los pobladores del Distrito de Incahuasi.

**Tabla 5**

*Estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como el celular, según la población de bajos recursos del distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020.*

		Recuento	Porcentaje
Con que frecuencia lo utiliza	Frecuentemente	15	75,0
	A menudo	2	10,0
	A veces	1	5,0
	Rara vez	1	5,0
	Nunca	1	5,0

	Frecuentemente	15	75,0
	A menudo	3	15,0
Cada que tiempo se recarga	A veces	1	5,0
	Rara vez	1	5,0
	Nunca	0	0,0
	Frecuentemente	1	5,0
	A menudo	1	5,0
Se utilizan equipos de alto consumo de energía	A veces	2	10,0
	Rara vez	6	30,0
	Nunca	10	50,0

**Nota.** Instrumento aplicado a los pobladores del Distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020.

En la tabla 5 y gráfico 18 se observa el estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como el celular, según los pobladores de distrito de Incahuasi:

El 75,0% de las personas indica que frecuentemente hacen uso de sus celulares; mientras que el 10,0% de las personas indican que a menudo utilizan este equipo. Además, el 5,0% de las personas indican que a veces utilizan este equipo ya que mayormente no saben la manipulación de estos, el 5,0% de las personas indican que rara vez utilizan este equipo y por último el 5% indicaron que nunca utilizan este equipo ya que no cuentan con un celular.

El 75,0% de las personas indican que frecuentemente recargan su equipo celular, mayormente en este tiempo por las clases virtuales que reciben frecuentemente llamadas de los docentes; 15,0% de las personas indican que a menudo recargan su equipo celular y 5,0% de las personas indican que a veces y rara vez cargan su teléfono. El 10,0% de las personas indican que frecuentemente utilizan un equipo de alto consumo de energía especialmente los que cuentan con un equipo con las bondades de datos - internet; 15,0% de las personas indican que a menudo utilizan equipos de alto consumo de energía; y 5,0% de las personas indican que a veces y rara vez cuentan con un teléfono de alto consumo de energía solo tienen equipos antiguos para llamadas.

### Análisis:

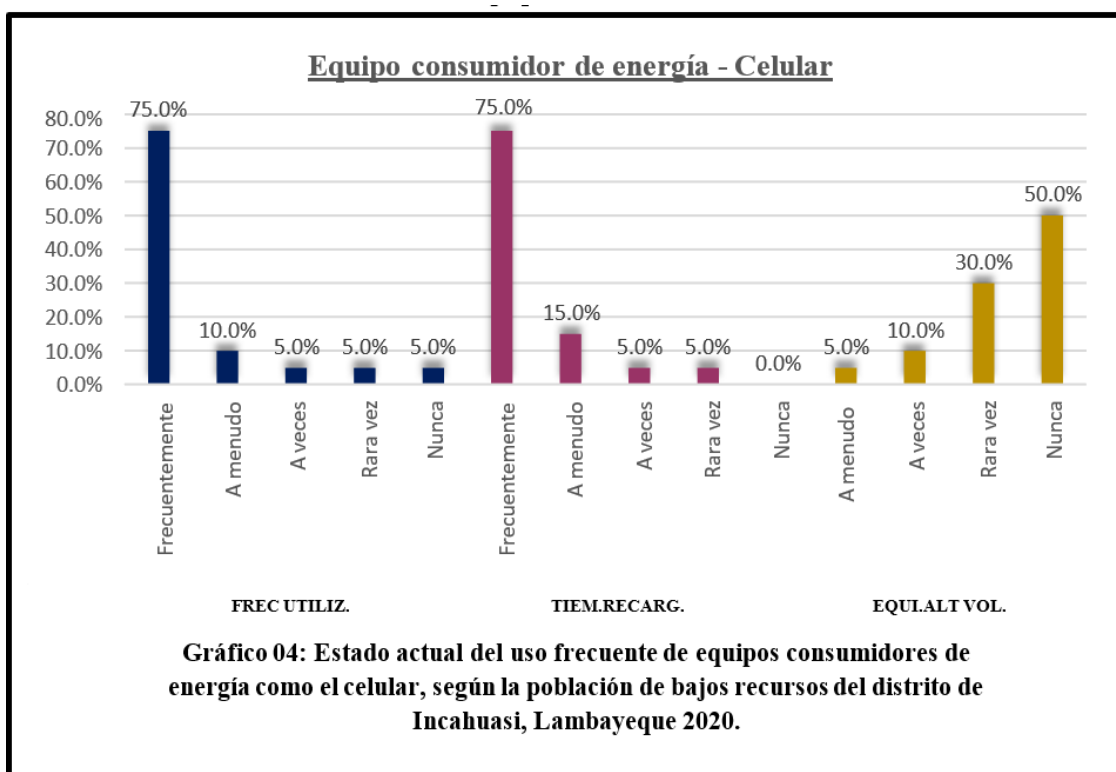
En cuanto al uso de equipos de consumo de energía como es el celular por los habitantes del distrito de Incahuasi se puede concluir que el 95,0% de las personas utilizan el equipo celular con frecuencia, principal motivo por las clases virtuales exigidas por la pandemia Covid, a diferencia del 5,0% que no utilizan equipos celulares ya que no cuentan con éste.

También el 90% de las personas señalan que recargan frecuentemente su equipo celular, en comparación con el 10,0% de las personas que a veces recargan su equipo celular especialmente las que no tienen uso frecuente de éste. Además, el 10,0% de las personas señala que cuentan con equipos que generan una alta potencia; mientras que el 90,0% de las personas no han tienen uso de equipos celulares de ultimo modelos que generen alta potencia.

Esto permite llegar a la conclusión que la mayoría de las personas del distrito de Incahuasi no cuentan con equipos celular de alto consumo, pero algunos si tiene uso frecuente ya que visualizan sus clases virtuales en el equipo.

### Figura 19

*Estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como celular.*



**Nota.** Instrumento aplicado a los pobladores del Distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020.

**Tabla 6.**

*Estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como el parlante, según la población de bajos recursos del distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020.*

		Recuento	Porcentaje
Con que frecuencia lo utiliza	Frecuentemente	7	35,0
	A menudo	4	20,0
	A veces	6	30,0
	Rara vez	2	10,0
	Nunca	1	5,0
Cada que tiempo se recarga	Frecuentemente	10	50,0
	A menudo	5	25,0
	A veces	3	15,0
	Rara vez	2	10,0
	Nunca	0	0,0
Se utilizan equipos de alto consumo de energía	Frecuentemente	14	70,0
	A menudo	4	20,0
	A veces	2	10,0
	Rara vez	0	0,0
	Nunca	0	0,0

**Nota.** Instrumento aplicado a los pobladores del Distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020.

En la tabla 6 y gráfico 19 se observa el estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como el parlante, según los pobladores de distrito de Incahuasi:

El 35,0% de las personas indica que frecuentemente utilizan el equipo - parlante, el 20% de las personas indican que a menudo lo utilizan, el 30% de las personas indican que a veces utilizan el parlante, el 10% de las personas indican que rara vez utilizan este equipo

consumidor de energía y el 5% de pobladores indicaron que no utilizan el equipo parlante.

El 50,0% de las personas indican que frecuentemente recargan su parlante, mayormente para las clases de sus hijos q escuchan por ese medio; el 25,0% de las personas indican que a menudo recargan su parlante; el 15,0% de las personas indican que a veces tienden a cargar su parlante ya que lo utilizan en horas específicas y el 10,0% de las personas rara vez cargan sus parlantes.

El 70,0% de las personas indican que frecuentemente utilizan el equipo que tiene alto consumo de energía ya que estos son antiguos; el 20,0% de las personas indican que a menudo utilizan equipos que tienen alto consumo de energía; y el 10,0% de las personas indican que a veces utilizan estos equipos ya que son de su centro de trabajo.

### **Análisis:**

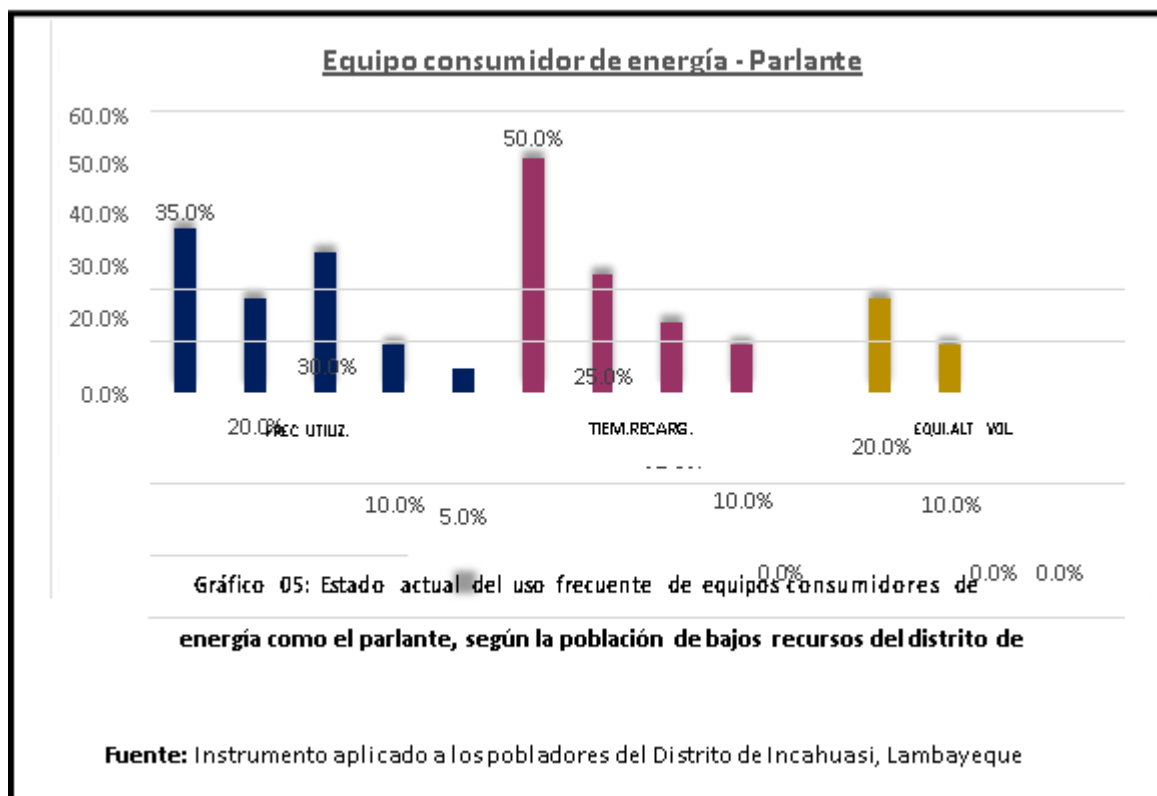
En cuanto al uso de equipos de consumo de energía como es el parlante por los habitantes del distrito de Incahuasi se puede concluir que el 95,0% de las personas utilizan el equipo parlante con frecuencia, principal motivo por las clases virtuales exigidas por la pandemia Covid, a diferencia del 5,0% que no utilizan equipos parlantes ya que no cuentan con éste.

También el 100% de las personas señalan que recargan frecuentemente su equipo parlante. Además, el 90,0% de las personas señala que cuentan con un parlante antiguo que genera una alta potencia; mientras que el 10,0% de las personas no tienen uso de parlante.

Esto permite llegar a la conclusión que la mayoría de las personas del distrito de Incahuasi cuentan con equipos parlante de alto consumo ya que son antiguos y tiene uso frecuente causa por las clases que escuchan los estudiantes.

**Figura 20**

*Estado actual de equipo consumidores de energía como parlante.*



**Nota.** Instrumento aplicado a los pobladores del distrito de Incahuasi, Lambayeque.

**Tabla 7**

*Estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como el radio, según la población de bajos recursos del distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020.*

		Recuento	Porcentaje
Con que frecuencia lo utiliza	Frecuentemente	5	25,0
	A menudo	2	10,0
	A veces	7	35,0
	Rara vez	2	10,0
	Nunca	4	20,0
	Frecuentemente	10	50,0

Cada que tiempo se recarga	A menudo	4	20,0
	A veces	3	15,0
	Rara vez	3	15,0
	Nunca	0	0,0
Se utilizan equipos de alto consumo de energía	Frecuentemente	10	50,0
	A menudo	5	25,0
	A veces	5	25,0
	Rara vez	0	0,0
	Nunca	0	0,0

**Nota.** Instrumento aplicado a los pobladores del Distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020.

En la tabla 7 y gráfico 20 se observa el estado actual del uso frecuente de equipos consumidores de energía como el radio, según los pobladores de distrito de Incahuasi:

El 25,0% de las personas indica que frecuentemente utilizan el equipo - radio, el 10% de las personas indican que a menudo lo utilizan, el 35% de las personas indican que aveces utilizan el radio, el 10% de las personas indican que rara vez utilizan este equipo consumidor de energía y el 20% de pobladores indicaron que no utilizan el equipo radio.

El 50,0% de las personas indican que frecuentemente mantienen enchufado su radio, mayormente para las clases de sus hijos q escuchan por ese medio; el 20,0% de las personas indican que a menudo recargan su radio; el 15,0% de las personas indican que a veces tienden a cargar su radio ya que lo utilizan en horas específicas y el 15,0% de las personas rara vez cargan sus parlantes.

El 50,0% de las personas indican que frecuentemente utilizan el equipo que tiene alto consumo de energía ya que estos son antiguos; el 25,0% de las personas indican que a menudo utilizan equipos que tienen alto consumo de energía; y el 25,0% de las personas indican que a veces utilizan estos equipos ya que son de su centro de trabajo.

### Análisis:

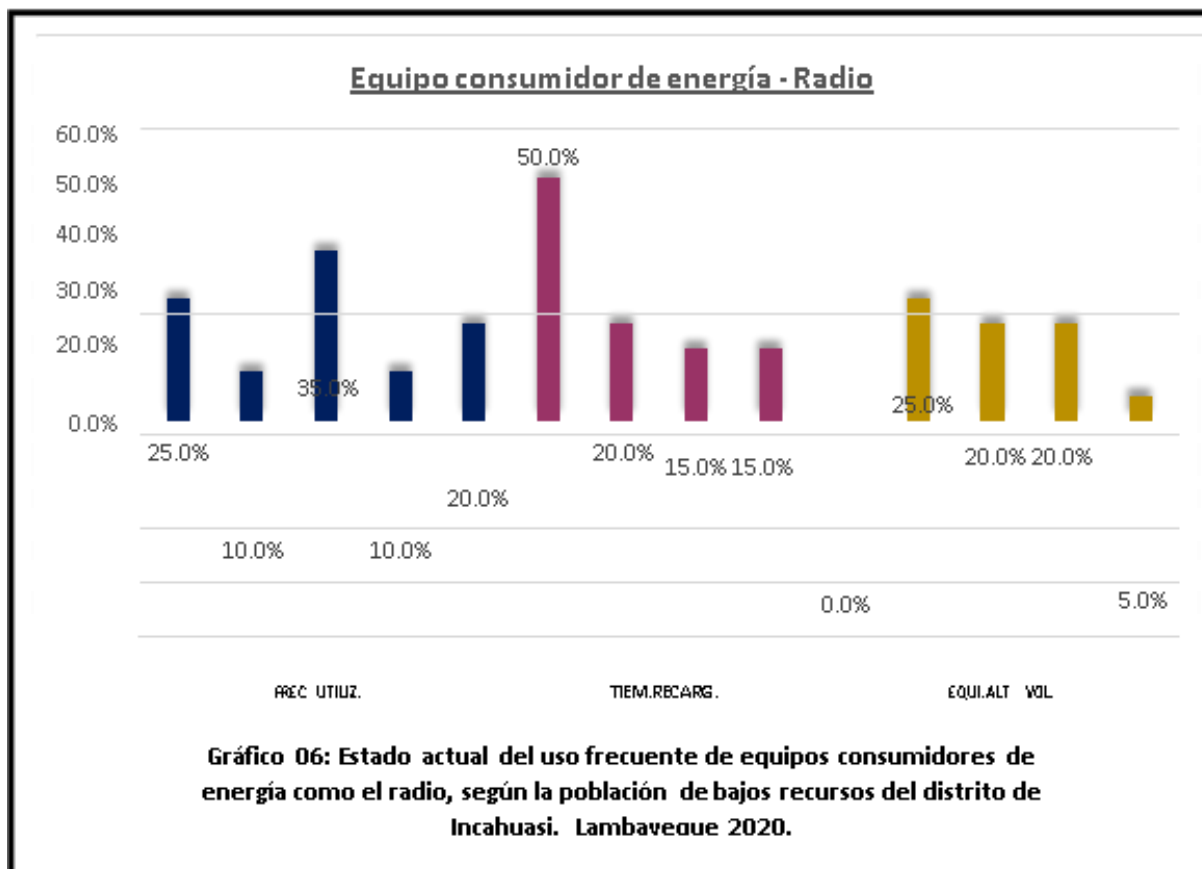
En cuanto al uso de equipos de consumo de energía como es el radio por los habitantes del distrito de Incahuasi se puede concluir que el 80,0% de las personas utilizan el radio con frecuencia, principal motivo por las clases virtuales exigidas por la pandemia Covid, a diferencia del 20,0% que no utilizan radio ya que no cuentan con éste.

También el 100% de las personas señalan que recargan frecuentemente su radio. Además, el 100,0% de las personas señala que cuentan con un radio antiguo que generan una alta potencia.

Esto permite llegar a la conclusión que la mayoría de las personas del distrito de Incahuasi cuentan con radios de alto consumo ya que son antiguos y tiene uso frecuente causa por las clases que escuchan los estudiantes.

### Figura 21

*Estado actual del uso frecuente de equipo consumidores de energía como el radio.*



**Nota.** Instrumento aplicado a los pobladores del Distrito de Incahuasi, Lambayeque 2020.

### - **Justificación de los resultados de la encuesta**

El 75% de los habitantes encuestados en el distrito de Incahuasi - Ferreñafe - Lambayeque no tienen acceso al servicio eléctrico, lo que significa que se ven obligados a depender de fuentes de energía tradicionales poco eficientes.

Para iluminar el hogar durante la noche, la población utiliza lámparas y mecheros a kerosene (26% de los pobladores), velas (en un alto porcentaje de 63%) y otros energéticos: batería para iluminación a través de fluorescentes (4%); linternas de mano (7%).

En promedio, las familias utilizan estos instrumentos de iluminación 3 horas diarias (por las noches). Este bajo valor está condicionado por el limitante del alto costo de los energéticos utilizados, así como la dificultad para adquirirlos. En cuanto a rubro comunicación, se aprecia según los resultados de la encuesta rural que la utilización de la radio como medio de información y/o entretenimiento es masivo. El uso de la TV es muy limitado, por aspectos económicos y también de accesibilidad (costo de la recarga de la batería y dificultad para el transporte).

La comunidad demanda una solución al problema de la falta de suministro eléctrico y muestra interés en la propuesta de Dimensionamiento y Selección de un Sistema Piezoeléctrico para Generar Energía Eléctrica mediante calzado, con el fin de utilizar equipos electrónicos.

### - **Evaluación para el conocimiento de los beneficios que ofrece un sistema piezoeléctrico**

En las últimas décadas del siglo XX, la sociedad empezó a reconocer los retos ambientales, económicos y de sostenibilidad vinculados a la dependencia de combustibles fósiles para suplir las demandas energéticas globales. Desde entonces, hemos explorado alternativas energéticas que puedan abordar estos desafíos, ya sea por su menor impacto ambiental o su capacidad de renovación. En la actualidad, hay varias formas de energía alternativa, pero nos enfocaremos en una que es tanto común como infrautilizada: la energía generada al caminar, que puede ser aprovechada mediante la piezoelectricidad.

La piezoelectricidad se describe como la capacidad de una lámina artificial para producir energía eléctrica en respuesta a tensiones estructurales específicas, como la presión. De este modo, el movimiento natural al caminar puede generar la cantidad necesaria de electricidad para alimentar dispositivos como teléfonos móviles o marcapasos implantados en el cuerpo. Se calcula que, en promedio, una persona da más de 200 millones de pasos a lo largo de su vida, **¿qué pasaría si todos aportáramos la fuerza de nuestro caminar?**

Cada vez que se pisa sobre los sensores piezoeléctricos, se produce energía renovable. Este sistema transforma la energía cinética del movimiento en electricidad, que puede ser almacenada al instante y aplicada en diferentes usos, como la iluminación de áreas peatonales o para cargar baterías. La idea original de esta tecnología se remonta a 1881, cuando Pierre y Jacques Curie investigaban la compresión del cuarzo.

La piezoelectricidad es un fenómeno que se manifiesta en ciertos cristales cuando se ven sometidos a tensiones mecánicas. Se estima que cada paso tiene el potencial de generar entre 5 y 8 J de energía, dependiendo del peso de la persona. Cuando este principio se aplica en zonas de alto tránsito, como áreas muy transitadas, su capacidad para generar energía se incrementa considerablemente. Si cada paso dado en el mundo pudiese ser aprovechado como energía, en un solo día podríamos alcanzar la cantidad necesaria de energía deseada por los habitantes de Incahuasi.

El empleo de energías renovables representaría un recurso significativo para la generación de energía, dado que se derivan de procesos naturales o actividades cotidianas, como la energía piezoeléctrica, que utiliza la presión ejercida por el flujo constante de personas al caminar.

Caminar es una actividad inherente a la vida humana, y se estima que una persona promedio da más de 200 millones de pasos a lo largo de su vida. En el caso de Incahuasi, con una población de más de 15,518 habitantes, la energía piezoeléctrica podría ser considerada como una opción viable en caso de crisis energética debido a fallos en las hidroeléctricas que la abastecen. Esta tecnología aprovecha el constante flujo de pasos para generar energía de manera continua, sin causar impactos negativos en el medio ambiente durante su producción. Sin embargo, la falta de conocimiento sobre esta tecnología lleva al subaprovechamiento de una fuente de energía prácticamente ilimitada presente en cada paso dado.

En este contexto, la población de Incahuasi, cuenta con un abundante flujo de personas que están activamente caminando, no utilizan transporte, debido a su baja economía, proyectándolo de una manera positiva al aprovechamiento de esta energía. Esta energía sería

utilizada para cargar equipos electrónicos que son utilizados frecuentemente por los pobladores del Distrito de Incahuasi.

**Determinar la potencia y la energía generada por el sistema piezoeléctrico.**

- Determinación del voltaje real que se puede producir lo podemos ver en la siguiente fórmula:

$$V = - (G33hT) \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

V= Voltaje

G33= Constante del voltaje del piezoeléctrico h = Altura (grosor) del elemento cerámico

T = Presión sobre el elemento = P

- La presión sobre el elemento será la de una persona promedio al caminar, dependiendo de las personas encuestadas, se determinó el promedio de masa (kg) de una persona.

Promedio de peso de los pobladores encuestados

Fuente: Encuesta a pobladores de Incahuasi		
Departamento: LAMBAYEQUE	Provincia: FERREÑAFE	Distrito: INCAHUASI

**Tabla 8**

*Promedio de masa (kg) de los encuestados.*

Encuestados Peso	
1	75
2	60
3	67
4	70
5	65
6	56
7	76
8	66
9	78
10	66
11	70
12	69
13	58
14	70
15	71
16	70
17	68
18	58
19	71
20	70
Promedio 67.7	

Si una persona promedio pesa 68 kg entonces la fuerza con la que pisaría estaría dada por:

$$F = mg \text{ (gravedad) } \dots\dots \text{ (II)}$$

Entonces:

$$F = (68 \text{ kg}) \times (9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 666.4 \text{ N}$$

La presión sobre el área de los cristales estaría dada por:

$$P = F/A \dots\dots \text{ (III)}$$

Donde:

A = Área total

F = La fuerza ejercida

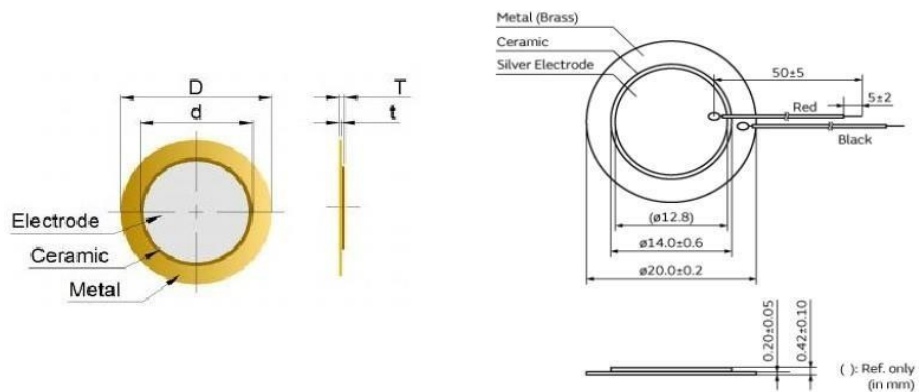
Luego determinamos el área:

$$A = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \dots\dots \text{ (IV)}$$

Donde:

D = Diámetro

$\pi$  = Valor constante

**Figura 22***Estado Diámetros del Sensor piezoeléctrico*

**Nota.** Catalogo piezoeléctrico Componentes.

**Tabla 9***Selección del sensor*

7BB-12-9
7BB-15-6L0
7BB-20-3
7BB-20-6
7BB-20-6C
7BB-20-6CL0
7BB-20-6L0
7BB-27-4
7BB-27-4C
7BB-27-4CL0
7BB-27-4L0
7NB-31R2-1
7NB-41-1

**Nota.** Catálogo piezoeléctrico Componentes

**Tabla 10***Características del sensor piezoeléctrico 7BB-20-6L0.*

Resonance Frequency	6.3kHz
Resonant Frequency Tolerance	±0.6kHz
Resonant Impedance (R1)	1000Ω
Capacitance	10nF
Capacitance Tolerance	±30%
Measurement Condition of Capacitance	[1kHz]
Operating Temperature Range	-20°C to 70°C
Storage Temperature Range	-30°C to 80°C
Shape	With lead wire
Plate Size	20mm
Element Size	14mm
Plate Material	Brass
Specification of Lead Wire	AWG32
Lead Length	50mm
Drive Type	External Drive
EIAJ Part Number	PD-SU2-C20-63
Mass	844mg

**Nota.** Catálogo piezoeléctrico Componentes.

$$A = (\pi) \times (0.0135 / 2)^2$$

$$A = 0.014 \text{ m}^2$$

Tenemos que la presión sobre el área de los cristales sería de:

$$p_a = (666.4 \text{ N}) / (0.014 \text{ m}^2)$$

$$\text{presión} = 47600 \text{ pa}$$

La altura o grosor del elemento cerámico, en este caso de los sensores piezoeléctricos, es un dato que ya se conoce (plate size tabla 11) y sería:

$$h = 0.20 \text{ mm}$$

$$h = 0.00020 \text{ m}$$

Para lo cual el voltaje real producido en el material piezoeléctrico viene hacer:

V=Voltaje

g33=Constante

(1/-2)h=Altura

pa=Presión

$$V = - (g33hpa)$$

$$V = -(+1/-2) (0.00020) (47600)$$

$$V = - (+1/-2) (9.52)$$

$$V_r = 19.04 \text{ v}$$

Se obtiene una tensión real de 19.04 v para cada material piezoeléctrico

Para determinar la energía y potencia primeramente realizamos el arreglo de zumbadores o vibradores seguido determinaremos la tensión total y corriente total.

Realizando un arreglo en paralelo:

$$V_T = V_1 = V \dots\dots (V)$$

$$V = 19.04v$$

Medición de distancias, para ello se toma el largo del corte y el ancho para la distribución:

Distancia entre piezoeléctrico a lo largo

$$\frac{105.5 \text{ mm}}{4 \text{ piezoeléctricos}} = 26.425 \text{ mm}$$

Distancia entre piezoeléctrico a lo ancho

$$\frac{49.5 \text{ mm}}{4 \text{ piezoeléctricos}} = 12.375 \text{ mm}$$

Según me indica la tabla 11 de selección piezoeléctrico obtengo una impedancia R1

$$R1 = 1000 \Omega \dots\dots\dots (VII)$$

Por lo tanto, determino la corriente:

Donde:

I: Corriente de cada vibrador o zumbador

V: tensión de cada vibrador o zumbador

R: Resistencia de cada vibrador, sensor o Zumbador.

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots \text{(VIII)}$$

$$I = \frac{19.04}{1000}$$

$$I = 19.04 \text{ mA}$$

En paralelo:

$$I = 4i \dots\dots \text{(IX)}$$

$$I = 4 * 19.04 \text{ mA}$$

$$I = 76.16 \text{ mA}$$

Potencia por paso:

$$P = VI \dots\dots \text{(X)}$$

$$P = 19.04 \text{ V} * 76.16 \text{ mA}$$

$$P = 1450.08 \text{ mW}$$

Entonces determinamos la energía eléctrica:

$$E = P * t \dots\dots \text{(XII)}$$

$$E = 1450.08 \text{ mW} * 1 \text{ h}$$

$$E = 1450 \text{ mW-h}$$

$$E = 76 \text{ mA-h}$$

Donde:

**E:** La energía acumulada en la batería durante una hora de camino

**P:** Potencia eléctrica generada en cada paso

Se obtuvo como resultado una energía de 76 mA-h por lo al caminar unas 5 horas se tendría una energía acumulada de 380 mA-h, lo cual serviría para cargar nuestro dispositivo celular.

Seleccionar el sistema piezoeléctrico para su fabricación que cumpla los requerimientos técnicos y de bajo costo aplicable al zapato en estudio para la población de Incahuasi.

#### **Criterios de selección del sistema Piezoeléctrico:**

Como se ha expuesto previamente el calzado objeto de esta imaginación está destinado generar y almacenar energía eléctrica aprovechando el movimiento de una persona al marchar. El estudio cuenta con el respaldo de un sistema conformado por una plantilla que se fija a la suela del calzado. Esta plantilla incluye un acumulador para almacenar carga eléctrica, un transductor capaz de producir energía a través de la presión mecánica aplicada a los sensores piezoeléctricos y un circuito integrado electrónico.

La lista siguiente se divide en 2 categorías. La primera categoría consiste en cosas que se necesitan para completar el plan, mientras tanto que la otra lista consiste en cosas que son muy útiles.

- Cosas que se necesitan:

**Tabla 11***Materiales para fabricación del sistema piezoeléctrico*

<b>SELECCIÓN DEL SISTEMA PIEZOELÉCTRICO</b>		
<b>Departamento:</b> LAMBAYEQUE	<b>Provincia:</b> FERREÑAFE	<b>Distrito:</b> INCAHUASI

<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>
Zapatos	1 par
Piezoeléctricos elementos	x4
Batería recargable con charger	1 unidad
Pistola de pegamento caliente	1 unidad
Cautín + estaño	
Espuma/cartón	1 plancha
Acceso a una impresora 3D	1 unidad
1N4001 - 1N4007 diodos	4

**Nota.** Elaboración Propia.

- Cosas que son muy útiles:

**Tabla 12**

*Equipos para fabricación del sistema piezoeléctrico.*

<b>SELECCIÓN DEL SISTEMA PIEZOELÉCTRICO</b>		
<b>Departamento:</b> LAMBAYEQUE	<b>Provincia:</b> FERREÑAFE	<b>Distrito:</b> INCAHUASI

<b>EQUIPOS</b>	<b>CANTIDAD</b>
Herramienta Dremel	1 equipo
Ayudar a manos	1 persona
Tiras de velcro	½ docena
Multímetro	1 equipo
Pistola de calor	1 unidad
Regla/pinza	1 plancha

**Nota.** Elaboración Propia.

### **Criterios de selección del Calzado**

El calzado está comprendido en dos partes importantes el zapato y la plantilla donde se colocará el sistema piezoeléctrico, para su selección de ambas partes tomamos las siguientes consideraciones:

#### **Selección del zapato**

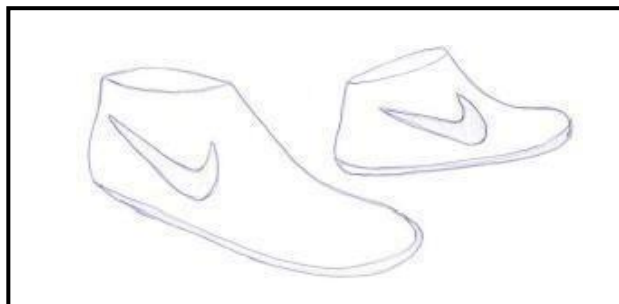
- Indagación del mercado:

La metodología para este tipo de prototipo, es buscar referencias de diferentes categorías: calzados impresos en 3D, zapatos industriales, muestras impresas en 3D con materiales elastómeros y zapatos de cangrejas o zapatillas de agua.

El zapato puede variar al gusto de la persona, lo que se utilizará en la investigación será una zapatilla deportiva económica diseñada por, para una talla 43, de acuerdo al promedio de los encuestados, que tendrá las medidas que se adjuntan en los plantos.

**Figura 23**

*Bosquejo a lápiz del calzado.*



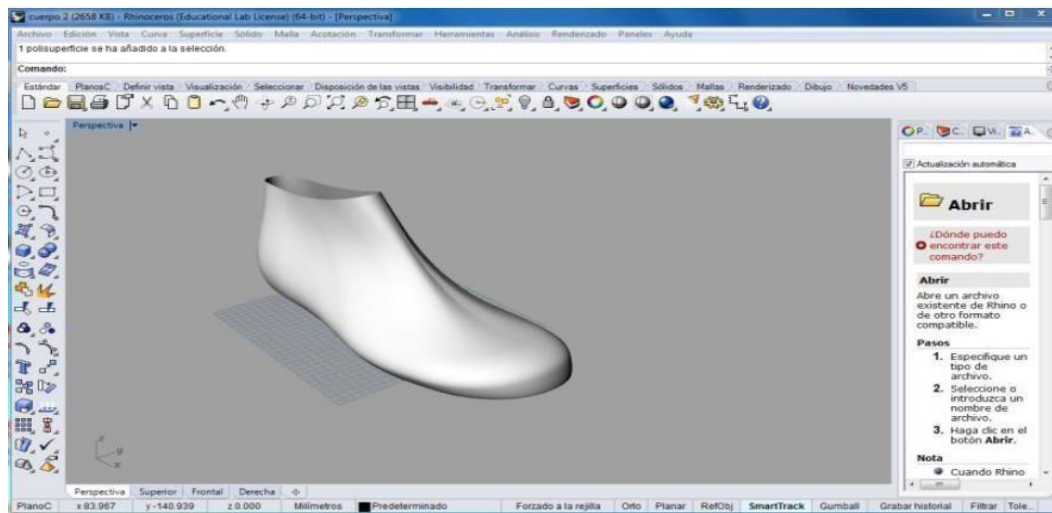
**Nota.** Diseño para la fabricación aditiva de calzado tesis.

Se puede notar que el calzado es una zapatilla de caña alta, semejante a las utilizadas en baloncesto, con una suela que se distribuye de manera uniforme por toda la longitud del zapato. El logo de Nike está posicionado en la parte posterior del zapato, a la altura media del pie, según lo común en esta marca. Las proporciones y el diseño de la zapatilla son apropiados.

La zapatilla de referencia se eligió este modelo por su comodidad y la flexibilidad de los modelos deportivos. De un carácter exclusivo, este es un diseño de suela ultra ligera con las características funcionales de los calzados deportivos cumplen una combinación altamente innovadora de materiales. El modelo no contempla cordones, hebillas ni ataduras, un detalle que todos tienen gran estima ya que les da esa sensación de libertad y comodidad. Esta está realizada mediante un material elastómero “Elasto Plastic”

**Figura 24**

*Modelo de zapatilla*









**Nota.** Diseño para la fabricación aditiva de calzado tesis.



Mediante búsqueda por internet se obtuvo una horma en archivo STL que Rhinoceros puede abrir.

## Ficha técnica del material

**Tabla 13**

*Tabla de ficha técnica del material.*

<b>Máx. cuadro delimitador</b>	<b>300 × 300 × 150 mm</b>
<b>Mín. cuadro delimitador</b>	$X + Y + Z \geq 10$ mm sin dimensión bajo <b>0,8 mm</b>
<b>Mín. apoyado espesor de pared</b>	 <b>0,8 mm</b> (se ampliará a <b>0,9 - 1,2 mm</b> )
<b>Espesor de la pared no soportado min</b>	 <b>0,8 mm</b> se ampliará a <b>0,9 - 1,2 mm</b> Wall es una estructura en la que su diseño es compatible con otras partes del diseño.
	Una pared sin soporte es aquella que está unida a otras paredes en menos de dos lados. Para garantizar la creación y el éxito de su producto, asegúrese de que las paredes no soportadas en el producto sean más gruesas que el requisito mínimo. Si no lo son, intente aumentar su grosor añadiendo soportes, o considerando un material con una exigencia mínima de la pared sin soporte más delgado.
<b>Mín. apoyado alambres</b>	 <b>0,9 mm.</b> Un cable es una característica cuya longitud es mayor que dos veces su anchura.  Un alambre de apoyo está conectada a las paredes de ambos lados.
<b>Cables no compatibles min</b>	 <b>0,9 mm</b>
<b>Mín. en relieve detalle</b>	  <b>1,0 mm</b> de alto y de ancho
<b>Mín. grabado detalle</b>	<b>2,0 mm</b> de alto y de ancho (recomendado de 4,0 mm más)
<b>Orificios de escape mín.</b>	<b>5 mm.</b>  Modelos mayores de 50 × 50 × 50 mm requieren múltiples orificios de escape.  Los orificios de ventilación permiten que el material sin procesar dentro de los productos huecos sea expulsado.  Cuando los productos tienen espacios vacíos en su interior, a menudo se acumula polvo en ellos incluso después de ser retirados de la bandeja de fabricación.

<b>Orificios de escape mín.</b>	<p>Si los orificios de ventilación no tienen el tamaño adecuado o la geometría del producto dificulta su eliminación o provoca la expulsión incontrolada del polvo, la limpieza no será exitosa.</p> <p>Esto es crucial, especialmente para nuestro proceso de tintura a base de agua. Los modelos no pueden ser teñidos con éxito si no pueden limpiarse adecuadamente tanto por dentro como por fuera. Para garantizar un producto lavable y exitoso, asegúrese de incluir orificios de escape lo suficientemente grandes para cada cavidad hueca en su producto. Se sugiere tener múltiples orificios de ventilación para piezas grandes con cavidades huecas. Un solo orificio al final de una cavidad no permitirá que el material en las esquinas cercanas al orificio se escape completamente. Por lo tanto, es recomendable utilizar varios orificios de ventilación en ambos extremos de la cavidad. Si los orificios de ventilación no son suficientes, considere ampliarlos, agregar más o rellenar el espacio hueco.</p>
<b>Despeje</b>	 <p>Un solo orificio de ventilación en el extremo de una cavidad no garantizará que el material en las esquinas cercanas al orificio se escape por completo.</p>
	<p>Los orificios de ventilación permiten la eliminación del material no deseado dentro de los productos huecos.</p>
	<p>Cuando los productos tienen cavidades huecas, a menudo se acumula polvo en ellas incluso después de ser retirados de la bandeja de fabricación. Por eso, recomendamos tener varios orificios de ventilación en ambos extremos de la cavidad.</p>
	 <p><b>5.0 mm</b> de espacio libre</p>
<b>¿Enclavamiento y piezas cerrados?</b>	<p>Sí.</p>
<b>Múltiples partes por</b>	<p>Sí.</p>
<b>Exactitud</b>	<p>Hasta <math>\pm 30\%</math> en modelos pequeños, <math>\pm 10\%</math> en los modelos grandes</p>

**Nota.** Diseño para la fabricación aditiva de calzado tesis.

- Sobre el Diseño de Elasto Plastic

**Tabla 14***Tabla del diseño Elasto Plastic*

<b>Rasgos materiales</b>	<b><u>Material de fabricante</u></b>
	Ya que somos fabricantes del material, fabricaremos todos los modelos que cumplan con las reglas de diseño, incluso si encontramos problemas de calidad. Es importante tener en cuenta que las reglas de diseño actuales son dinámicas y pueden cambiar a medida que adquirimos más conocimiento sobre este material y cómo diseñar para él. Cualquier persona puede solicitar modelos que hayan subido ellos mismos, pero no estarán disponibles para la venta en las tiendas Shapeways.
	<b><u>Modelos más gruesas son más difíciles de doblar</u></b>
	La flexibilidad está determinada por la estructura y el diseño del modelo. A mayor grosor, menor será la flexibilidad del producto.
	<b><u>Modelo dimensiones finales pueden ser ligeramente más grueso que el diseño original</u></b>
	"Elasto plástico" tiende a imprimir un poco más grueso de lo que indica el archivo de diseño. Los modelos pueden ser hasta 4mm más gruesos en la dirección Z y hasta 2mm más gruesos en las direcciones X e Y. Por ejemplo, si tiene una pared de 8mm de grosor, podría llegar a ser de 9 a 9.2mm después de la impresión.
<b><u>Líneas de impresión o "paso a paso"</u></b>	
Dependiendo de la geometría de su modelo y cómo esté posicionado en la bandeja de impresión, es posible que observe líneas de impresión o un fenómeno llamado "efecto de escalón" en su modelo. Esto es un resultado natural del proceso de impresión en 3D mediante SLS. Nuestras capas tienen un grosor aproximado de 0,15 mm y hay un pequeño escalón entre cada capa, similar a una escalera. Este efecto es más notable en objetos más pequeños, como modelos de trenes, o en aquellos con curvas suaves, como esferas. Hacemos todo lo posible para minimizar las líneas de impresión en su modelo, pero son inherentes al proceso y no pueden eliminarse por completo.	

**Nota.** Diseño para la fabricación aditiva de calzado tesis.

- Características del material

**Tabla 15**

*Tabla de las características del material.*

<b>Mira y sienta</b>	"Elasto plástico" es un elastómero de tono blanquecino reconocido por su alta flexibilidad. Su superficie presenta un acabado rugoso y granulado, y muestra una notable resistencia cuando se imprime con características de grosor considerable (mayor de 5 mm). Este material se considera experimental y, aunque estamos entusiasmados con sus capacidades, su calidad aún no está lista para un uso más generalizado.
<b>Manejo y cuidado</b>	<p>Este material:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No estanca</li> <li>• No apto para comida</li> <li>• No reciclables</li> <li>• No lavar en el lavavajillas</li> </ul> <p>El "Elasto plástico" presenta resistencia al calor hasta los 90°C / 194°F. Sin embargo, temperaturas más elevadas pueden modificar considerablemente las propiedades del material.</p>

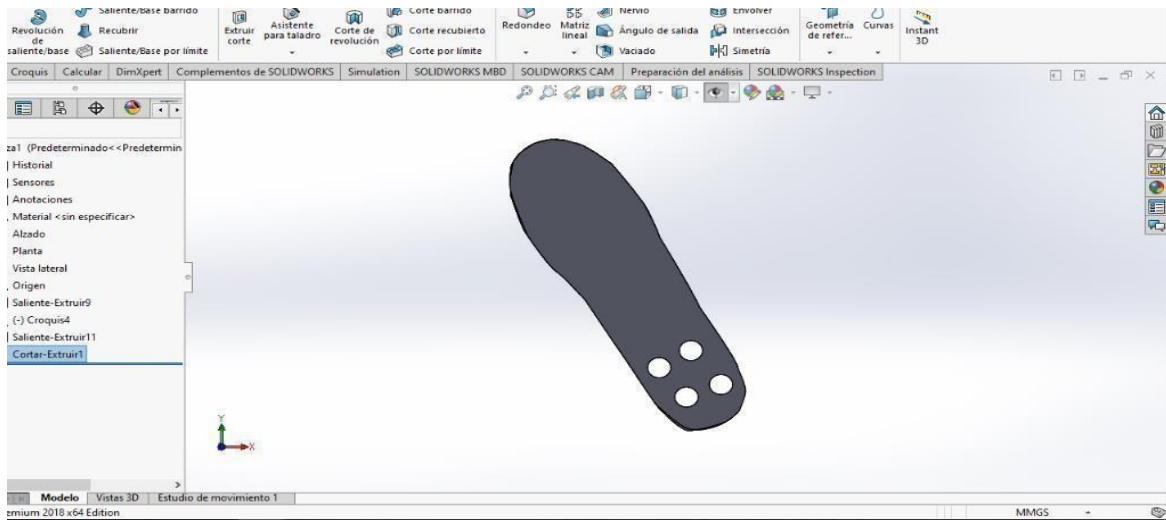
**Nota.** Diseño para la fabricación aditiva de calzado tesis.

### 1. Diseño de la plantilla

Por último, se hizo una plantilla interna para la zapatilla, esta será la base de todo nuestro sistema piezoeléctrico, se fabricará mediante impresión 3D en el programa SolidWorks, y posteriormente se lijará y se pulirá en las zonas que fuesen necesarias.

### **Figura 25**

*Diseño de la plantilla en 3D SolidWorks*



**Nota.** Elaboración propia

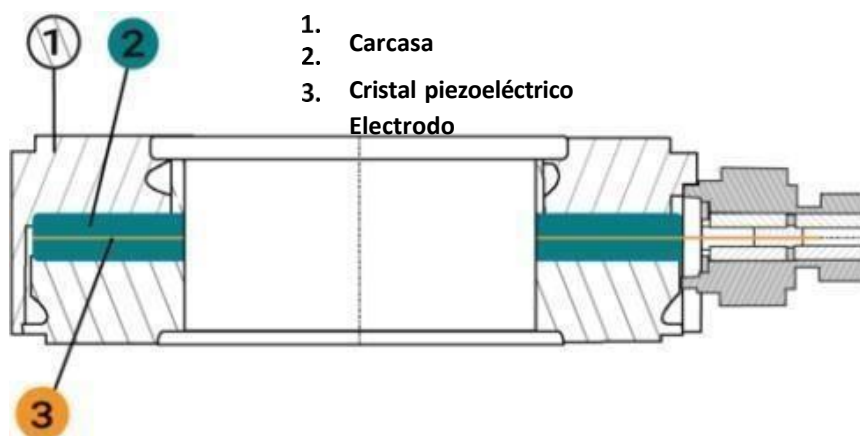
### Criterios de selección del piezoeléctrico

Estamos evaluando cuál sería la opción más idónea para mi aplicación. El principio piezoeléctrico ofrece la posibilidad de desarrollar sensores de fuerza con propiedades significativamente diferentes a las de los sensores que emplean galgas extensométricas.

Un sensor de fuerza piezoeléctrico se compone de múltiples secciones de un cristal monocristalino. Cuando estas secciones son sometidas a una fuerza de compresión, generan una corriente eléctrica. Por lo general, se emplean dos secciones de cristal con un electrodo insertado entre ellas. Todo el conjunto se aloja dentro de una carcasa. El electrodo y la carcasa captan la corriente eléctrica y la dirigen hacia un amplificador de carga mediante un cable de carga coaxial.

#### Figura 26

*Diseño típico de un transductor de fuerza piezoeléctrico.*



**Nota.** Catálogo piezoeléctrico Componentes.

#### 1. Selección del Sensor

Por los cálculos realizados en el objetivo dos, se seleccionó un sensor piezoeléctrico 7BB-20-6C de un diámetro de 13.5 mm.

**Tabla 16***Selección del sensor.*

■ Node Diameter	
Part Number	Node Diameter (mm)
7BB-20-6C	φ13.5
7BB-27-4C	φ17.5
7BB-35-3C	φ22.5
7BB-41-2C	φ26.5

**Nota.** Catálogo piezoeléctrico Componentes.

El sensor piezoeléctrico elegido es el más adecuado porque en la aplicación cumple con las siguientes características:

- Capacidad para instalarse en espacios confinados.
- Capacidad para medir fuerzas pequeñas con una carga inicial elevada.
- Amplio rango de medición.
- Capacidad para medir a temperaturas excepcionalmente altas (hasta 300 °C).
- Estabilidad extrema ante sobrecargas.
- Capacidad para realizar mediciones altamente dinámicas

Después de optar por emplear un sensor piezoeléctrico, surge una nueva interrogante: ¿cuál es el transductor de fuerza apropiado? A continuación, analizamos minuciosamente los campos de aplicación comunes con el objetivo de facilitar la selección que efectuamos:

- **Instalación del sensor en un espacio confinado:** El sensor piezoeléctrico seleccionado es altamente compacto, lo que significa que su altura varía según la capacidad del anillo de medición de fuerzas. Esta característica los hace especialmente adecuados para su integración en estructuras confinadas preexistentes.
- **Medición de fuerzas pequeñas con una carga inicial elevada:** Los sensores piezoeléctricos producen una carga eléctrica cuando se les aplica una fuerza. Sin embargo, si el sensor es sometido a fuerzas mayores que aquellas que se desean medir, como durante la instalación, esta carga resultante puede provocar un cortocircuito. Esto se realiza para restablecer la señal de entrada al amplificador a

cero.

- **Estabilidad extrema a las sobrecargas:** La mayoría de los sensores piezoeléctricos tienen la misma sensibilidad, con algunas excepciones. Esto implica que, para un nivel de fuerza dado, la señal de salida de un sensor de fuerza con una capacidad nominal de 20 kN es equivalente a la de otro sensor con una capacidad de 700 kN.
- **Mediciones muy dinámicas:** Los sensores piezoeléctricos presentan movimientos mínimos y una rigidez proporcionalmente elevada, lo que los convierte en una elección ideal para aplicaciones dinámicas.

### **Criterios de selección de la Batería**

Con los cálculos realizados en el objetivo dos se obtuvo como resultado una energía de 76 mAh por lo cual seleccionó un tipo de batería portátil de 2000 mAh de marca KOLKE siendo este resultado suficiente para cargar los equipos electrónicos y económica.

**Tabla 17**

*Características de la batería elegida*

<b>Marca</b>	KOLKE
<b>Capacidad de la batería</b>	2000 mAh

**Nota.** Catálogo baterías.

**Figura 27***Batería portátil*

**Nota.** Catálogo baterías

**Opciones de fabricación del sistema piezoeléctrico**

2. Incorpora una batería extraíble, mediante el cable del cargador del dispositivo o cualquier otro, se conecta para ser alimentado con energía eléctrica.
3. Incorpora una batería fija y mediante el cable del cargador del propio dispositivo u cualquier otro, se conecta para ser alimentado con energía eléctrica.
4. Incorpora una batería fija y un cable extensible, mediante el cual se conecta al dispositivo para ser alimentado con energía eléctrica.

Por las características de ser desmontable y mantenible en el tiempo necesitamos que la batería sea extraíble y cualquier elemento de conexión estándar USB pueda recibir energía eléctrica para usarla según los fines y deseos del usuario elegiremos la opción 1 para la fabricación de nuestro proyecto.

### Funcionamiento

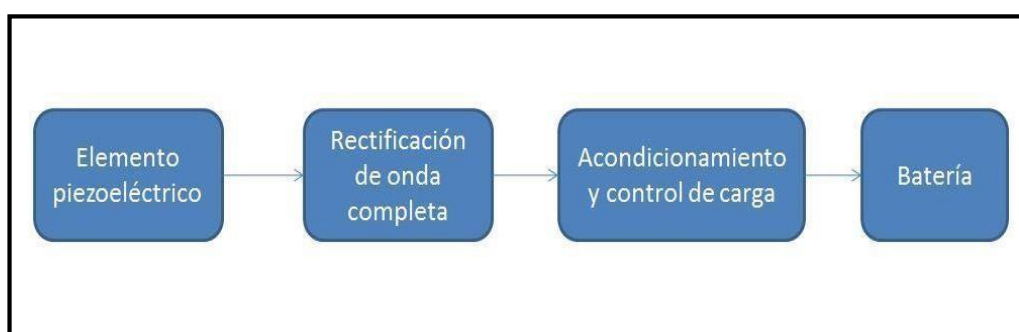
Es importante entender el funcionamiento de un sistema piezoeléctrico, la fuente de energía principal son los transductores piezoeléctricos que convierten la energía potencial en energía eléctrica.

Los elementos piezoeléctricos, se componen de materiales tales como cristales y algunas cerámicas que tienen una propiedad especial que les permite convertir la energía en forma de presión a energía eléctrica de polaridad variable (CA).

Gracias a esta propiedad física, podemos tomar ventaja de esta característica especial de los elementos piezoeléctricos debajo de nuestros pies, de tal manera que cada vez que damos un paso, estamos usando nuestro peso para ejercer presión en el piezoeléctrico, como resultado aparece un voltaje con una corriente eléctrica que puede ser tratada con un sistema de rectificación de diodos. Esta corriente es acondicionada a un voltaje de corriente continua con el objetivo de ser almacenada en unas celdas de baterías.

### Figura 28

*Circuito de condicionamiento simple.*

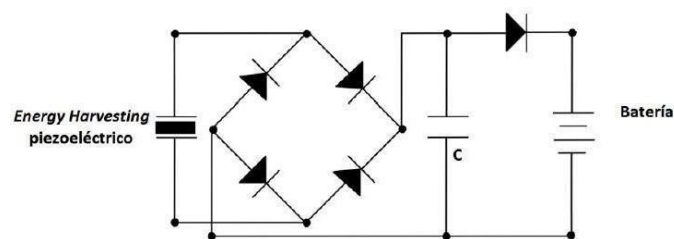


**Nota.** Elaboración propia.

La energía producida por un sistema piezoeléctrico puede ser positiva o negativa, para optimizar el recurso energético aprovecharemos las dos formas de energía (positiva y negativa) gracias a una configuración de diodos en puente Wheatstone logramos nuestro objetivo.

## Figura 29

*Circuito de la configuración del puente.*



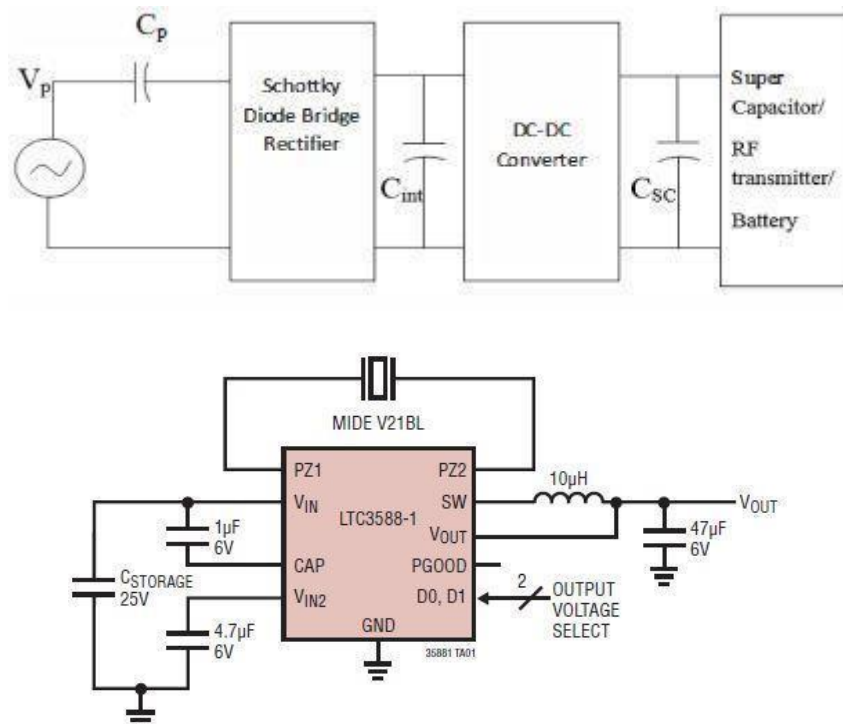
**Nota.** Elaboración propia

Al utilizar esta configuración tenemos la desventaja de perder 1.4 voltios ya que por características físicas al utilizar un diodo de silicio este necesita una tensión mínima de operación que va entre [0.4 – 0.7] voltios siendo el valor de 0.7v como el indicado para cualquier análisis de diseño.

En este circuito para ser rectificada la corriente esta pasa por dos diodos al mismo tiempo, si la corriente es positiva esta circulara por D2 y D3, y si la corriente es negativa pasará por D1 y D4 rectificando la señal de corriente eléctrica a un voltaje de corriente directa.

**Figura 30**

*Circuito de acondicionamiento DSSH technique.*



### Proceso de Fabricación

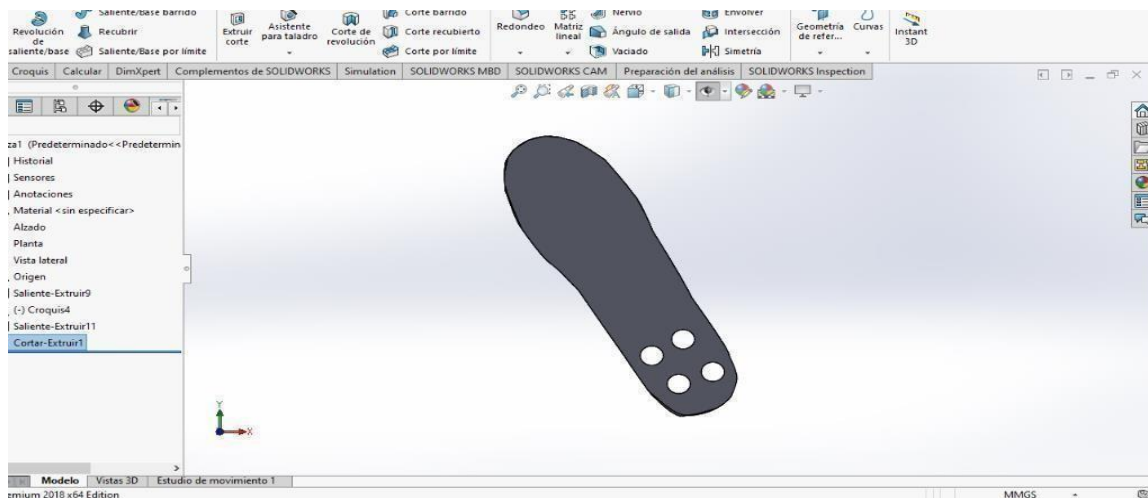
El proceso de fabricación es similar al del calzado convencional con la particularidad de incluir material piezoeléctrico en su composición.

- Este material estará situado bajo parte o la totalidad del pie, en las zonas del calzado que son presionadas y/o 4 flexionadas al caminar.
- El calzado está también provisto de una batería a las que están conectados los elementos piezoeléctricos, y que almacenan la electricidad generada por estos, situadas preferentemente en la parte posterior del calzado.
- El material piezoeléctrico y sus cables conectores serán fijados mediante cola, costuras o cualquier otro método a la parte interior del empeine y la suela de manera que una vez 10 ensamblado el calzado queden situados en la parte exterior del forro.
- Dichos cables llegarán desde los elementos piezoeléctricos hasta las baterías también por el exterior del forro, dejando estos conectados y aprovechando siempre que sea posible la parte menos flexible del calzado

para ubicar el trazado de los mismos.

### Figura 31

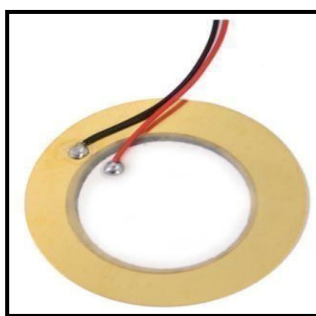
*Diseño de la plantilla en 3D solidwords.*



**Nota.** Elaboración propia.

### Figura 32

*Sensor piezoeléctrico*



**Nota.** Catálogo piezoeléctrico Componentes.

### Proceso para el generador Piezoeléctrico

Se requiere una base de plástico impresas en 3D. Los orificios del elemento piezoeléctrico están colocados estratégicamente para que alinie con los grandes guiones en la plantilla del zapato, que indican las zonas de más presión. Como vemos en la figura diseño en Solidwords, la plantilla está basada en el número promedio de talla de pie de los encuestados, talla 43.

### Proceso para incorporar el Piezoeléctrico a la plantilla

Ya ejecutada la base para nuestro generador piezoeléctrico, su tiempo caliente pegamento. Seguimos con la mejor técnica para pegar los elementos en el tablero impreso en 3D, aplicamos una capa de pegamento alrededor de cada orificio en

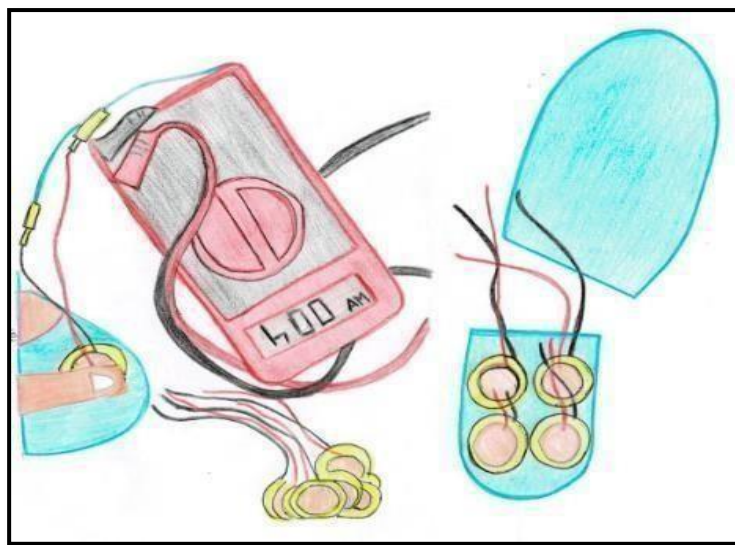
el plástico, debemos tener en cuenta de no aplicar demasiado pegamento, o bien puede limitar las esponjas (que van pegadas en la parte superior los elementos piezo) de compresión totalmente.

También, nos aseguramos de que el pegamento no cubre los puntos de contacto de los cables negros o rojos, debido a que se suelda a esos puntos pronto.

Con ayuda del multímetro, nos aseguramos de que los elementos piezoeléctricos trabajan estableciendo el multímetro en voltios de CA y presionando sobre el piezoeléctrico. Después de haber pegado todo el piezoeléctrico en sus puntos adecuados, entonces podemos pegar las piezas de espuma y cartón en cada elemento piezoeléctrico.

### Figura 33

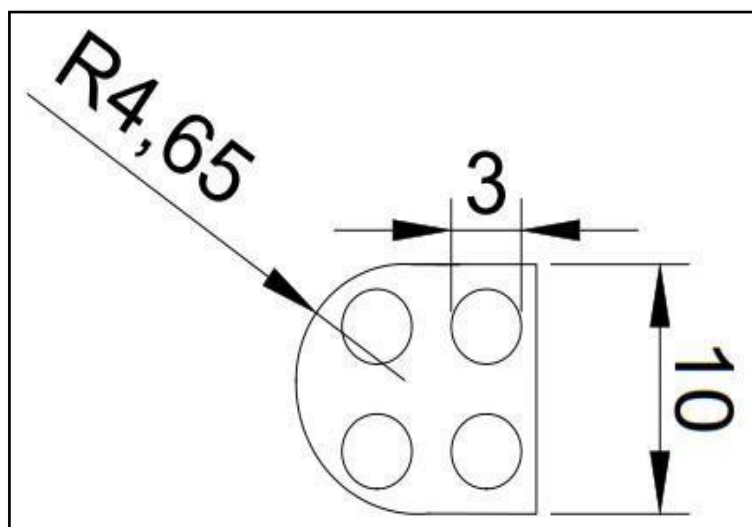
*Incorporación de los piezoeléctricos en la plantilla 3D.*



**Nota.** Elaboración propia

### Figura 34

*Piezoeléctricos en la plantilla 3D*



**Nota.** Elaboración propia.

### **Proceso de soldadura**

Tenemos en cuenta que los elementos piezoeléctricos generan mucha tensión, no generan muchos amperios.

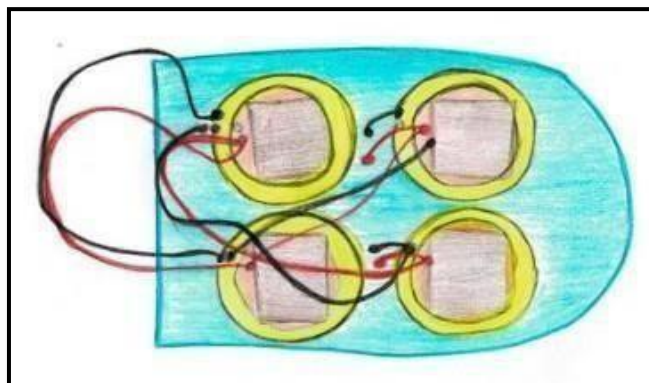
Resolver esta cuestión por cableado los todos los elementos piezoeléctricos en paralelo (en otras palabras, los terminales positivos siempre se sueldan entre sí y los negativos siempre se sueldan entre sí).

De esta manera, podremos aumentar la cantidad de amperios y por lo tanto cargar nuestros dispositivos más rápido. Con el fin de evitar que los cables de frenado de los empalmes de la soldadura, utilice pegamento caliente para fijar parte del cable en su lugar para que la tensión en los cables no es promulgada en el empalme de la soldadura.

Se puede conectar los elementos piezoeléctricos de un lado del plástico al otro enhebrando los cables de uno de los elementos piezoeléctricos a través de los agujeros de modo que puede soldar en paralelo un piezoeléctrico en el otro lado. Finalmente tendremos todos los elementos piezoeléctricos en la pieza del talón están cableados en paralelo.

**Figura 35**

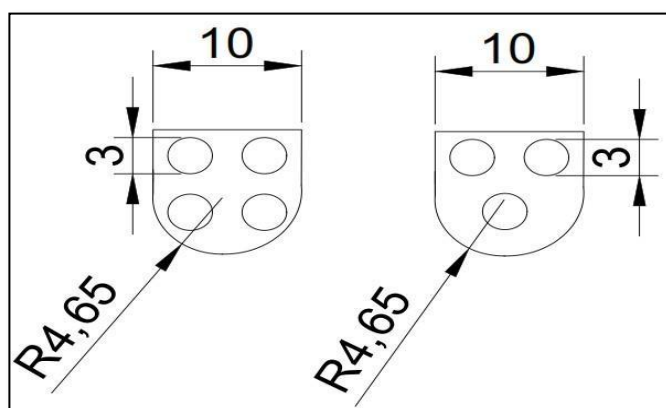
*Soldadura de los sensores piezoeléctricos.*



**Nota.** Elaboración propia.

**Figura 36**

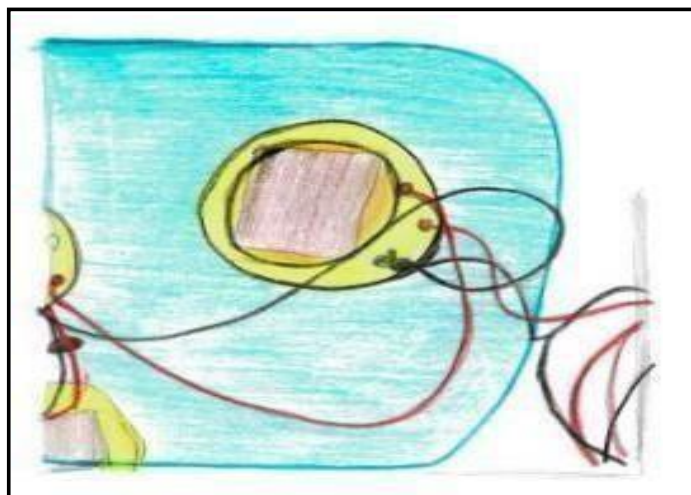
*Sensores piezoeléctricos.*



**Nota.** Elaboración propia

**Figura 37**

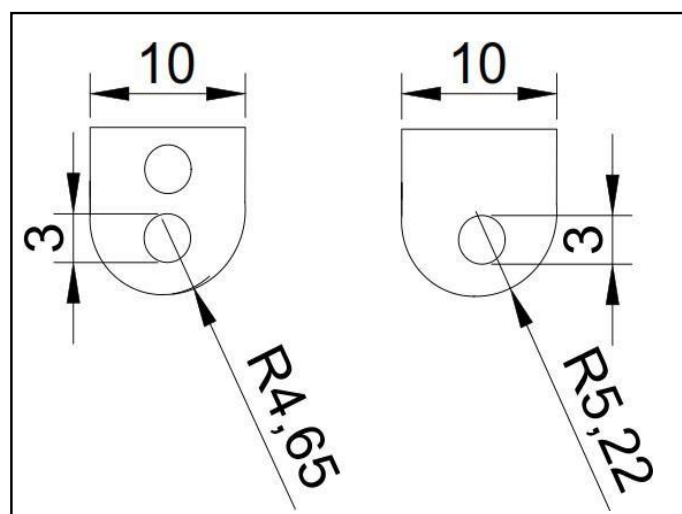
*Soldadura de un sensor piezoeléctricos.*



**Nota.** Elaboración propia.

**Figura 38**

*Sensor piezoeléctricos.*



**Nota.** Elaboración propia

### **Proceso de Instalación y acabados**

Una vez finalizado el cableado del generador piezoeléctrico, se podrá instalar. Todo lo que necesita hacer es deslizar el generador piezoeléctrico plástico dentro de su zapato, luego

insertar la planta original en la parte superior. Tomando el cable USB conectado previamente y pase entre la lengüeta y la parte exterior de su zapato.

Para montar la batería, meter entre la lengua del zapato y ponerle unos cordones y amarrar sus zapatos bien. Otra opción es incorporar el velcro, recomendando usarlo para sujetar mejor la batería para evitar que se caigan mientras se está ejecutando.

También recomiendo hacer un recorte de espuma de suela del otro zapato por lo que se puede utilizar como una canalización vertical en su zapato con ningún generador en él. Usé mi zapato que no tuvo un generador piezoeléctrico en él como un almacenamiento para el cable de carga de mi dispositivo móvil, así siempre tendré todo lo que necesito para cargar.

### **Realizar un análisis de comparación de costos con base a la energía generada por el sistema piezoeléctrico.**

Se llevó a cabo un análisis con la intención de proporcionar una visión general sobre la inversión necesaria para obtener el valor económico del desarrollo y la fabricación del sistema piezoeléctrico destinado a generar energía eléctrica en un calzado para el uso de dispositivos electrónicos.

Se detallará un análisis de costos que abarcará cada uno de los componentes, así como el costo de las herramientas empleadas en su fabricación, la mano de obra y los materiales utilizados.

### **Costos del zapato deportivo**

Para elaborar el presupuesto del calzado deportivo seleccionado, diseñado por la empresa Shapeways, se ha obtenido información detallada del sitio web de la propia empresa (disponible en la bibliografía). Se proporcionará el presupuesto correspondiente, considerando que el zapato es de talla 43, para determinar la cantidad de material utilizado, las horas dedicadas a la impresión, entre otros aspectos.

En cuanto a la mano de obra, el término "diseño de la zapatilla" se refiere al proceso de diseño realizado por la empresa para llegar a la solución final, y las horas empleadas en este proceso son consideradas para establecer un precio unitario estimado.

Dado que la impresión se subcontratará, solo se debe considerar el costo de la mano de obra del diseño. La empresa se encargará de la materia prima, la mano de obra para la impresión y el costo de la maquinaria, según los precios que establezcan. Por lo tanto, para calcular el

precio final, es necesario sumar este precio establecido al costo de la mano de obra del diseño.

A continuación, se presenta en una tabla resumen el costo de estas máquinas. Para obtener información más detallada sobre el tipo específico de máquina, se puede consultar la bibliografía.

**Tabla 18**

*Costes fijos independientes.*

<b>COSTOS FIJOS INDEPENDIENTES</b>	
<b>TIPO DE MAQUINARIA</b>	<b>PRECIO S/</b>
Impresora 3D SLS	S/ 1,067.03
Lijadora	S/ 853.20
Pulidora	S/ 750.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/2,670.23</b>

**Nota.** Diseño para la fabricación aditiva de calzado tesis

Para determinar el precio para un lote de 100 piezas, se ha realizado el cálculo del costo de la maquinaria de la siguiente forma:

**Tabla 19**

*Materia prima.*

<b>MATERIA PRIMA</b>					
<b>Ref</b>	<b>Denominacion</b>	<b>ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre.Parcial</b>
11.P	Elasto Plastic	cm3	8000	S/ 0.42	S/ 3,360.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 3,360.00</b>

<b>MATERIA PRIMA</b>					
<b>Ref</b>	<b>Denominacion</b>	<b>ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre.Parcial</b>
"03011"	Dseño de la zapatilla	h	32	S/ 15.00	S/ 480.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 480.00</b>

**Nota.** Diseño para la fabricación aditiva de calzado tesis.

A continuación, se presentan los costos totales de producción para diversos lotes de piezas, considerando los procesos de fabricación, que incluyen material, maquinaria y mano de obra.

**Tabla 20**

*Precios de fabricación*

PRECIOS TOTALES DE FABRICACION	MONTO S/
TOTAL UNITARIO PARA 1 PIEZA	S/ 38.40
TOTAL UNITARIO PARA 100 PIEZAS	S/ 3,840.00

**Nota.** Diseño para la fabricación aditiva de calzado tesis.

A continuación, se presentan los costos finales considerando el beneficio, el precio de oferta y el IGV para los distintos lotes.

**Tabla 21**

*Los precios finales.*

LOS PRECIOS FINALES		SOLES S/
TOTAL UNITARIO PARA 1 PIEZA		S/ 38.40
BENEFICIO	15%	S/ 5.76
DESGASTE DE MAQUINARIA	12%	S/ 4.61
COSTO TOTAL		S/ 48.77
COSTO + IGV	18%	S/ 57.54

LOS PRECIOS FINALES		SOLES S/
TOTAL UNITARIO PARA 100 PIEZAS		S/ 640.22
BENEFICIO	15%	S/ 738.39
DESGASTE DE MAQUINARIA	12%	S/ 823.75
IGV	18%	S/ 998.74

**Nota.** Diseño para la fabricación aditiva de calzado tesis.

### Costos del sistema piezoeléctrico

El costo total del sistema piezoeléctrico involucra todos los costos unitarios por cada material para su fabricación y el tiempo de fabricación está dado en horas.

#### 1. Equipos

**Tabla 22**

*Equipos a utilizar*

EQUIPOS	CANTIDAD	PRECIO S/
Herramienta Dremel	1 equipo	80.00
Multímetro	1 equipo	120.00
Pistola de calor	1 unidad	150.00
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>		<b>S/ 350</b>

**Nota.** Elaboración propia

#### 2. Materiales

**Tabla 23**

*Costos de los Materiales*

MATERIALES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/	COSTO TOTAL S/
Plantilla 3D	1 par	40.00	40
Piezoeléctricos elementos	x4	1.49	5.96
Batería	1 unidad	30	30
Cautín + estaño	1 unidad	10	10

Espuma/cartón	1 plancha	0.5	0.5
Dispositivos electrónicos	1	30	30
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>116.46</b>

**Nota.** Elaboración propia

### Análisis del costo de diseño del sistema piezoeléctrico

**Tabla 24**

*Costos totales del proyecto*

ITEM N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	MOVILIZACIÓN	Gbl	1	S/ 4.00	S/ 4.00
3	DIBUJO CAD Y SOLIDWORDKS	Gbl	1	S/ 10.00	S/ 10.00
<b>COSTO TOTAL EN NUEVOS SOLES</b>					<b>S/ 14.00</b>

<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>S/ 188.00</b>
---------------------------------	------------------

**Nota.** Elaboración propia

### Comparación de precios con el mercado

Tras obtener el costo total del proyecto, se procedió a compararlo con los precios en el mercado de dispositivos con funcionalidades similares o idénticas. Al igual que el presente estudio, estos dispositivos se centran en facilitar la recarga de dispositivos electrónicos comúnmente utilizados en el hogar. Esto se debe a que cuando uno está fuera de casa, dichos dispositivos tienden a descargarse, lo que dificulta su recarga. Se recopiló información sobre los precios de los sistemas generadores de energía piezoeléctricos más comúnmente disponibles en el mercado y se realizó una comparación.

**Tabla 25***Lista de Precios en el Mercado*

<b>SISTEMA DE GENERACIÓN</b>	<b>PRECIO</b>
Generador de energía para zapatos basado en un transductor de polímero piezoeléctrico microestructurado	S/ 350
G. Rocha. Describen el uso de polímeros piezoeléctricos para recolectar energía	S/ 560
Prototipo de un generador tubular lineal	S/ 380
Sistema hidráulico para poder recolectar energía	S/ 730

**Nota.** Elaboración propia

Es importante destacar que se ha llevado a cabo una comparación entre los precios de venta de los dispositivos y mecanismos disponibles en el mercado y el costo total del proyecto. Se observó que la tesis desarrollada cumple con la característica de tener un costo competitivo en el mercado internacional.

## CONCLUSIONES

- i. El diagnóstico revela un bajo nivel de desarrollo en el distrito rural de Incahuasi, evidenciado por la escasa infraestructura física y social, la falta de servicios básicos esenciales, la calidad deficiente de las viviendas y los niveles mínimos de consumo esencial. Una de las necesidades fundamentales que debe ser abordada para garantizar el derecho al desarrollo humano de todos los habitantes de Incahuasi es el acceso a la electricidad.

La disponibilidad del servicio eléctrico es restringida, ya sea debido a su limitada cobertura, su reducido horario de funcionamiento o a su deficiente calidad. El 75% de los habitantes de la zona carecen de acceso al servicio eléctrico, lo que obliga a la población a depender de fuentes de energía tradicionales e ineficientes.

Para iluminar el hogar durante la noche, la población utiliza lámparas y mecheros a kerosene y otros energéticos: batería para iluminación a través de fluorescentes; linternas de mano. En promedio, las familias utilizan estos instrumentos de iluminación 3 a 5 horas diarias por las noches. La población reclama la solución al problema de falta de electricidad y está interesada en la propuesta Dimensionamiento y Selección de un Sistema Piezoeléctrico para Generar Energía Eléctrica en un calzado para uso de equipos Electrónicos.

- ii. A través de los cálculos realizados para determinar la potencia y la energía generada por el sistema piezoeléctrico, se obtiene que un voltaje de 19.04 v y una corriente de 19.04 mA con una resistividad de 1000  $\Omega$ .

Como resultado final se necesitará una energía de 76 mAh por lo cual seleccionó un tipo de batería portátil de 20000 mAh siendo este resultado suficiente para cargar los equipos electrónicos.

- iii. Se determinó que el sistema piezoeléctrico seleccionado es eficiente y respetuoso con el medio ambiente, representando una fuente de energía alternativa y sostenible con diversas opciones en cuanto a su forma e instalación.

Se seleccionó una zapatilla deportiva diseñada por la empresa de calzado Shapeways ya que se acopla a lo que se busca en el proyecto un calzado en impresoras 3D por

los siguientes motivos, su material elastómero “Elasto Plastic”, es más duradero que la mayoría de zapatillas del mercado común, por su comodidad para que se pueda instalar el sistema piezoeléctrico y por su flexibilidad.

El sistema piezoeléctrico, que en esta versión incluye una plantilla moldeada diseñada mediante impresión 3D y cuatro pequeños vibradores piezoeléctricos, es capaz de generar voltaje cuando se le aplica presión, dependiendo del peso y la velocidad de la persona que lleva el calzado, así como de su actividad, ya sea caminar o correr. Además, se incorpora una batería portátil de 20000 mAh. Este sistema se implementa con el propósito de mejorar el estilo de vida de los habitantes de Incahuasi.

- iv. Basándonos en los indicadores económicos, se llegó a la conclusión de que el sistema piezoeléctrico propuesto como generador de energía es económicamente viable. Es relevante destacar que se realizó una comparación entre los costos de venta de dispositivos similares en el mercado y el costo total del proyecto. De esta manera, se observó que la tesis desarrollada cuenta con un costo competitivo de S/ 188.00, que es comparable al mercado internacional.

## RECOMENDACIONES

- i. Persiste como un desafío para el Estado la tarea de extender el acceso a la electricidad en las zonas rurales, que presentan los índices más altos de pobreza en el país. Es esencial mejorar significativamente el suministro de energía eléctrica como un medio para promover el progreso social. En relación con la generación de energía no convencional, será necesario explorar en el futuro las oportunidades que ofrecen las fuentes de energía limpia.
- ii. En un proyecto como este, es natural buscar una mejora constante. Por ello, se sugiere a futuros estudiantes interesados en el proyecto que consideren la optimización del diseño (dimensionamiento) del sistema piezoeléctrico para satisfacer las mayores demandas derivadas del crecimiento poblacional.
- iii. Sería beneficioso considerar la incorporación de vibradores de materiales diferentes para poder comparar su eficacia y evaluar cómo esto impacta en el presupuesto global del proyecto.
- iv. Sería provechoso que los profesionales locales respalden los estudios sobre el aprovechamiento eficiente de los recursos renovables en la región.

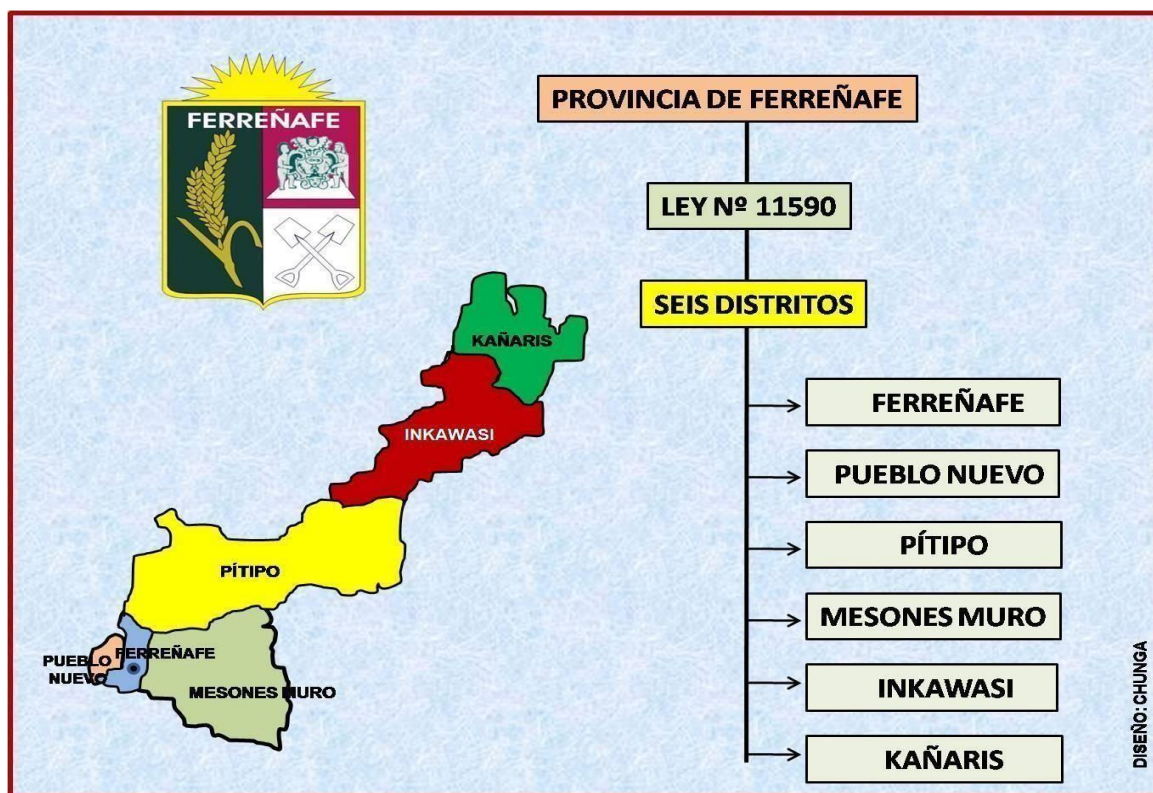
## REFERENCIAS

- [1] K. V. H. Ding, «Microstructured polymer for shoe power generation,» 2009.
- [2] J. G. Rocha et al., Energy harvesting from piezoelectric materials fully integrated in footwear, IEEE Transactions on industrial electronics (2010), vol. (57).
- [3] Jian-Xin Shen et al., A Shoe-Equipped Linear Generator for Energy Harvesting, IEEE Transactions on industry applications (2013), vol. (49).
- [4] Base de datos Oficina de Patentes de los Estados Unidos (en línea), dirección de internet: <http://patft.uspto.gov>
- [5] Base de datos Oficina Europea de Patentes (en línea), dirección de internet: <http://ep.espacenet.com>
- [6] Prevención de la exposición laboral al frío: trabajo a bajas temperaturas, IIEEE Plan general de actividades preventivas de la Seguridad Social, NJ: IIEEE, 2015 [Online].  
Disponible: [https://www.mutua-intercomarcal.com/portal/doc/exposicion\\_frio.pdf](https://www.mutua-intercomarcal.com/portal/doc/exposicion_frio.pdf)
- [7] S. Minera, «revistaseguridadminera.com,» Salud Ocupacional, 4 Septiembre 2007. [En línea]. Available: <https://www.revistaseguridadminera.com/salud-ocupacional/18-enfermedades-agudizadas-por-la-exposicion-al-frio/>. [Último acceso: 17 mayo 2020].
- [8] M. d. e. y. minas, «Definición de la energía,» de Conceptos básicos sobre la energía, 2015, pp. Capítulo 2, pag,16.
- [9] M. D. E. Y. MINAS, «Unidades para medir la energía,» de Conceptos básicos sobre la energía, 2017, pp. Capítulo 2, pag17-20.
- [10] J. . M. Santiago García y F. Gonzalez Alfaro, "Generación de Energía utilizando el efecto piezoelectrico", Tesis, Departamento de Ingeniería mecatrónica, Facultad de ingeniería, Universidad de Mexico, 2015.
- [11] Jansen, A.J.; Stevels, A.L.N.; , "Human power, a sustainable option for electronics,» Electronics and the Environment, 1999. IEEE International Symposium on, vol., no., pp.215,1999

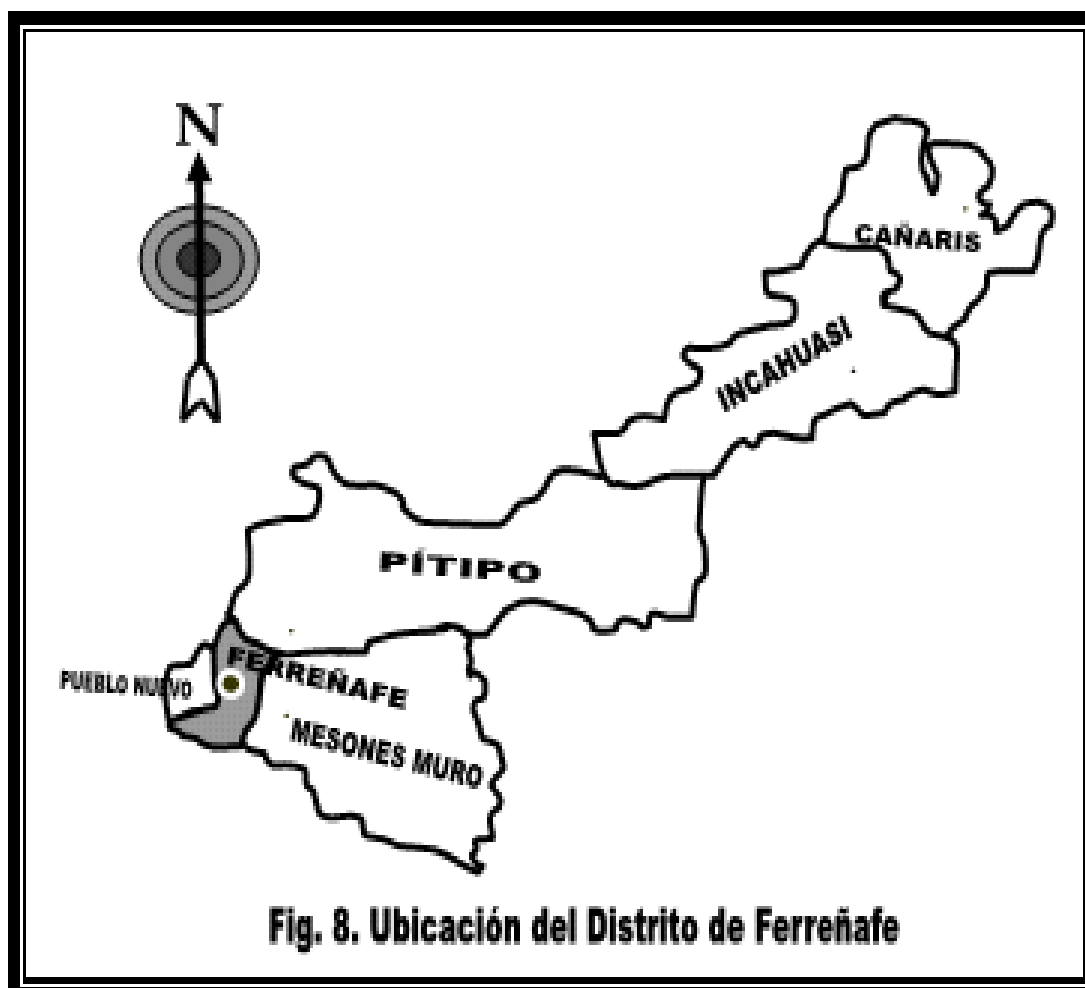
- [12] Gilmore. Human Power: Energy Recovery from Recreational Activity. Guelph Engineering Journal, (1), 8-16. ISSN: 1916-1107. 2008.
- [13] Starner, T.,, “Huaman-powered wearable computing,” IBM Systems Journal , vol.35,no.3.4,pp.618-629,1996.
- [14] T. Starner and J.A. Paradisco, Human generated power for mobile electronics. In: c.Piguet, Editor, Low power electronic design, CRS Press (2004).
- [15] Jansen, A,J.; Stevels, A.L.N.; , “Human power, a sustainable option for electronics,” Electronics and the Environment, 1999. IEEE International Symposium on , vol., no., pp.215-218,1999.
- [16] Jian-Xin Shen et al., A Shoe-Equipped Linear Generator for Energy Harvesting, IEEE Transsactions on industry applications (2013), vol. (49).

ANEXOS

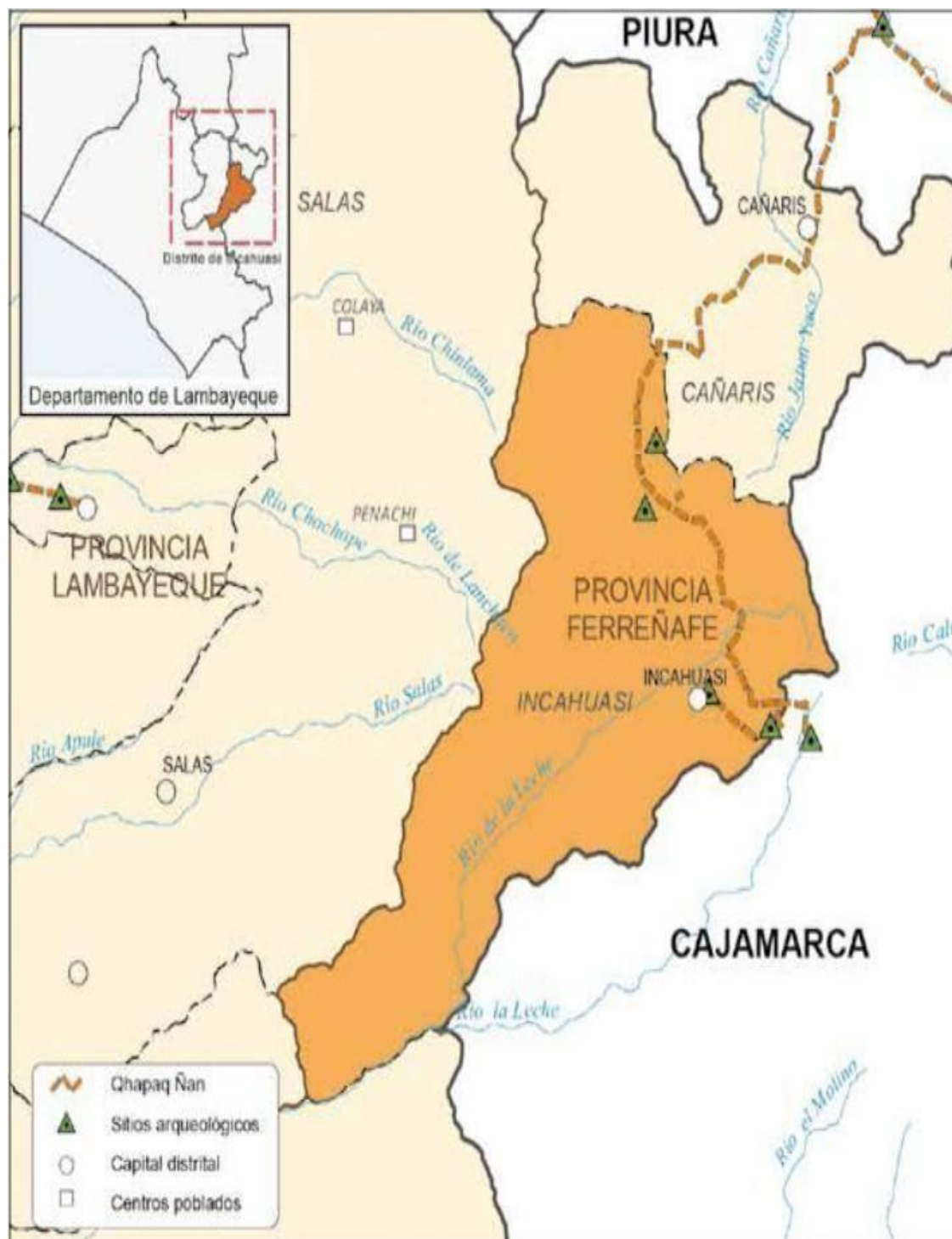
Anexo 1. Mapa de la provincia de Ferreñafe



**Anexo 2.** Mapa de Ferreñafe y los distritos andinos



## Anexo 3. Mapa de Incahuasi



## Anexo 4. Cuestionario

### I. PRESENTACIÓN

Buenos días, estamos realizando una encuesta con la finalidad de conocer los beneficios que ofrece un sistema piezoeléctrico. Para ello, pedimos su colaboración contestando con sinceridad las preguntas que le haremos a continuación.

### II. OBJETIVO

Diagnosticar los beneficios que ofrece un sistema piezoeléctrico en la población de Incahuasi. bajos recursos y escasos conocimientos sobre energía renovables.

### III. INSTRUCCIONES

Lea con atención las proposiciones de cada enunciado y luego marque con un aspa "X" la alternativa que Ud. Considere conveniente.

---

### IV. DATOS GENERALES DEL ENCUESTADO

#### 1. Sexo:

Hombre ( )                      Mujer ( )

#### 2. Edad (en años cumplidos):

14 - 25 años ( )                      36 - 45 años ( )

( )                      65 a más ( )

46 - 55 años

(

26 - 35 años (

)                      56 - 65 años (

**3. Grado de Instrucción:**

Analfabeto ( )      Primaria ( )      Secundaria ( )      Superior ( )

**4. Ocupación:**

Desempleado ( )      Ama de Casa ( )      Dependiente ( )      Independiente ( )

**5. Zona de Residencia:**

Urbano ( )      Rural ( )

**6. Cuenta con el servicio de Energía Eléctrica**

Sí ( )      No ( )

**7. ¿Para iluminar el hogar durante la noche que usa?****8. En cuanto a rubro comunicación cuales utiliza:**

.....

**9. ¿Conoce usted que es una energía limpia?**

Sí ( )      No ( )

**10. ¿Cuánto cree usted que costaría un calzado piezoeléctrico?**

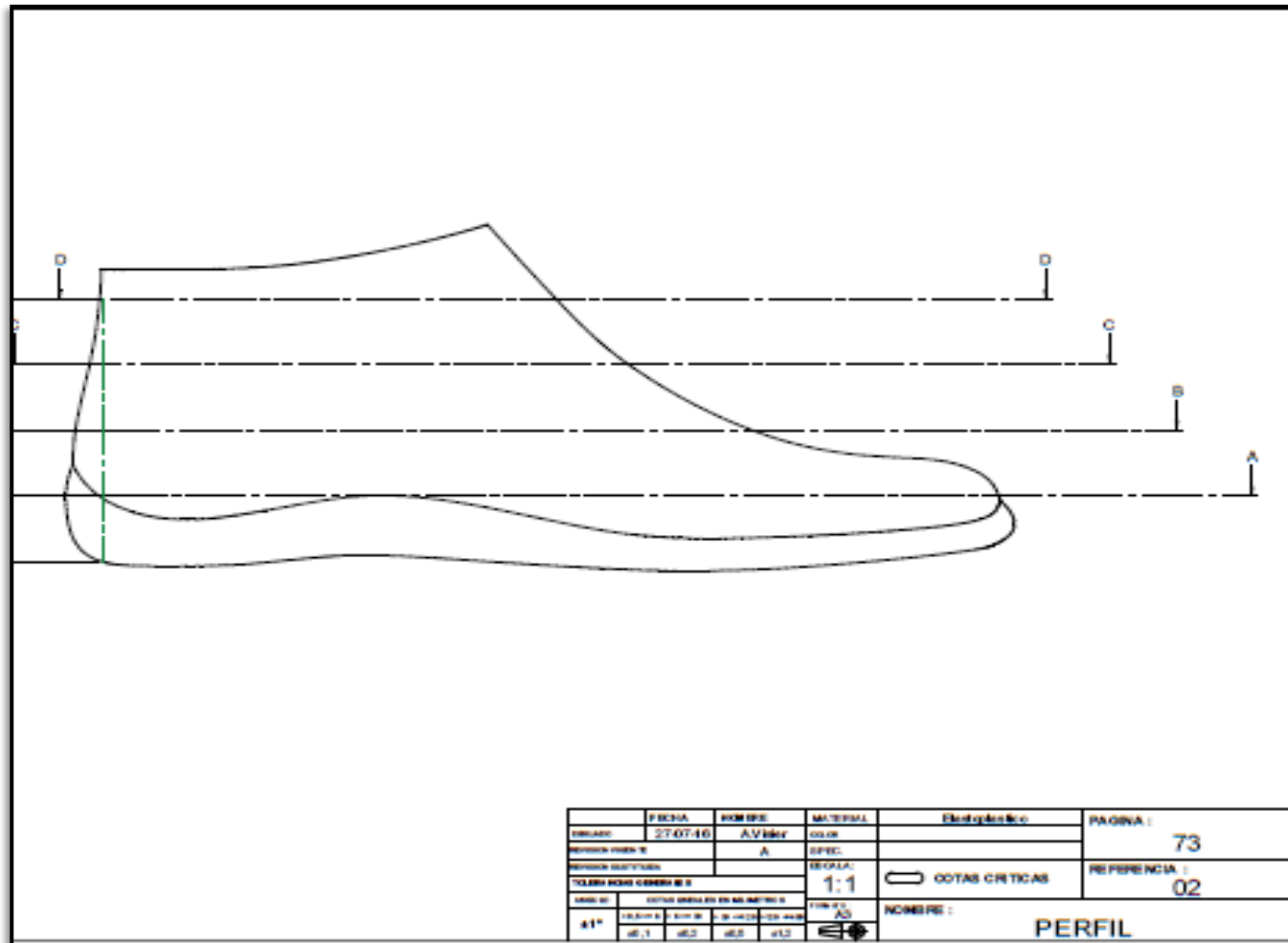
300 soles ( )      100 soles ( )      150 soles ( )

100 soles ( )      80 soles ( )      65 soles ( )

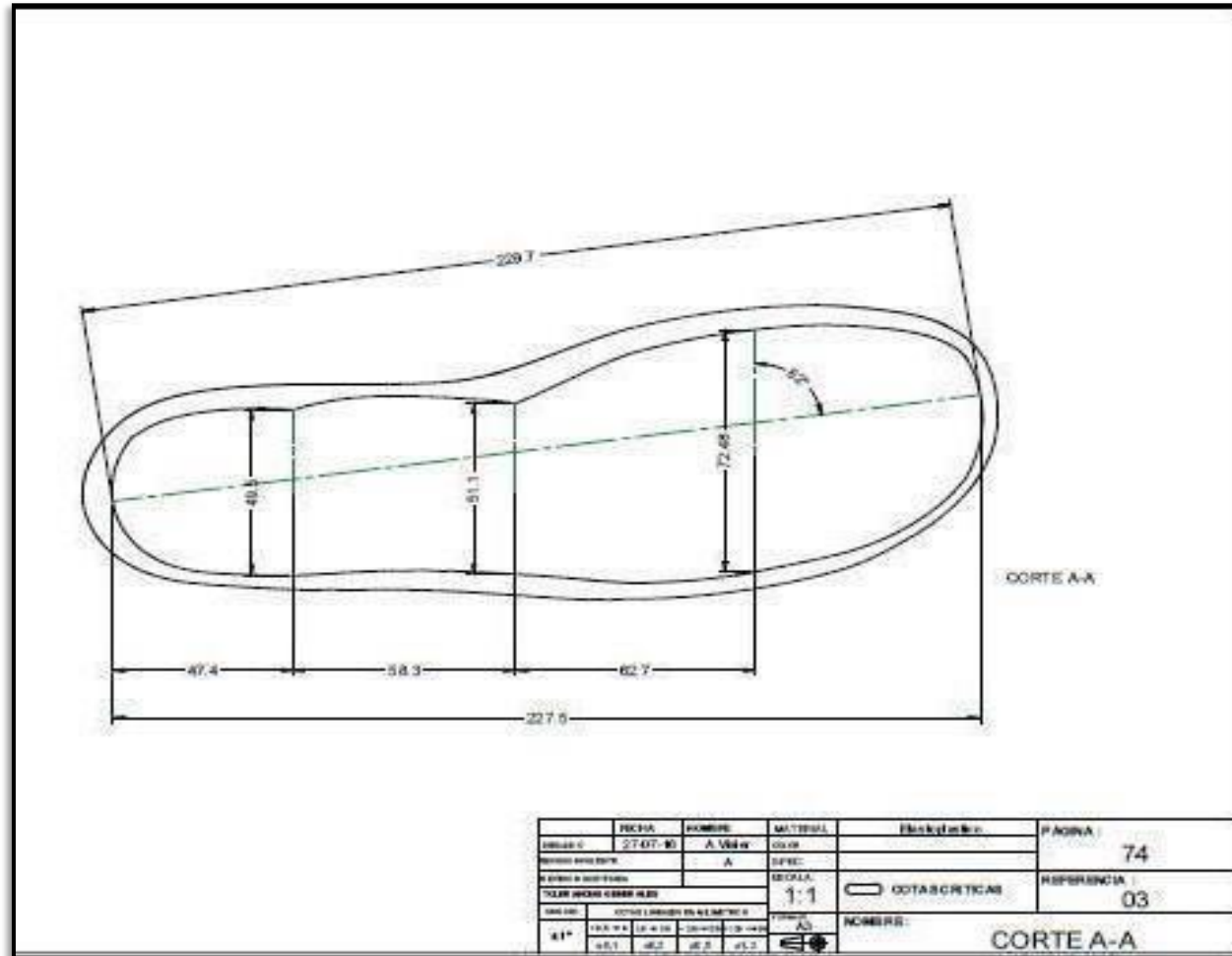
ÍTEM	FRECUENTEMENTE	A MENUDO	A VECES	RARAS VECES	NUNCA
Linterna					

1. Con que frecuencia se usa					
2. Cada que tiempo se recarga					
3. Estos equipos son de alto consumo de energía					
<b>Celular</b>					
4. Con que frecuencia se usa					
5. Cada que tiempo se recarga					
6. Se utilizan equipos de alto consumo de energía					
<b>parlante</b>					
7. Con que frecuencia se usa					
8. Cada que tiempo se recarga					
9. Estos equipos son de alto consumo de energía					
<b>Radio</b>					
10. Con que frecuencia se usa					
11. Cada que tiempo se recarga					
12. Estos equipos son de alto consumo de energía					

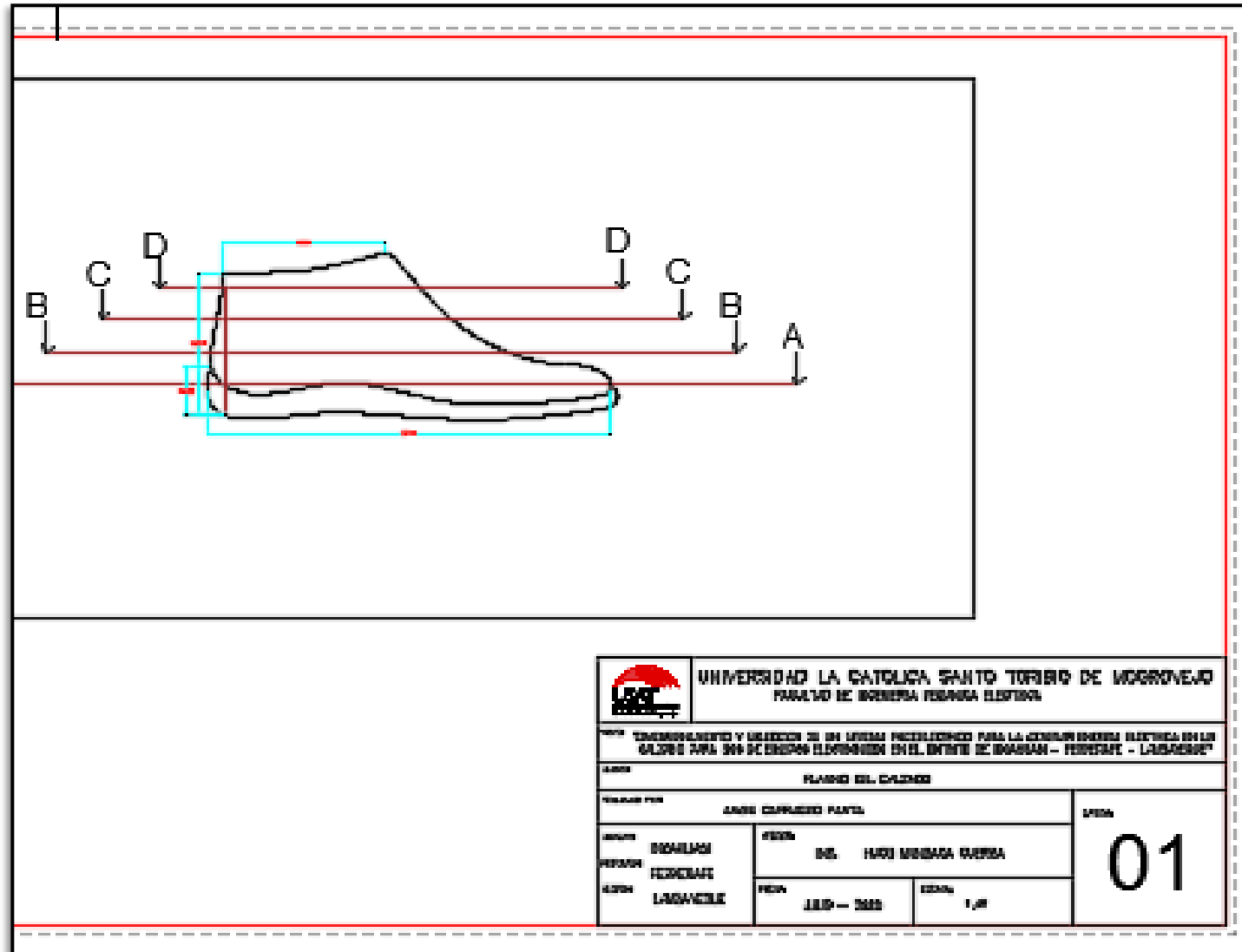
Anexo 5. Plano del calzado de selección (referencia)




Anexo 6. Plano de referencia de la plantilla

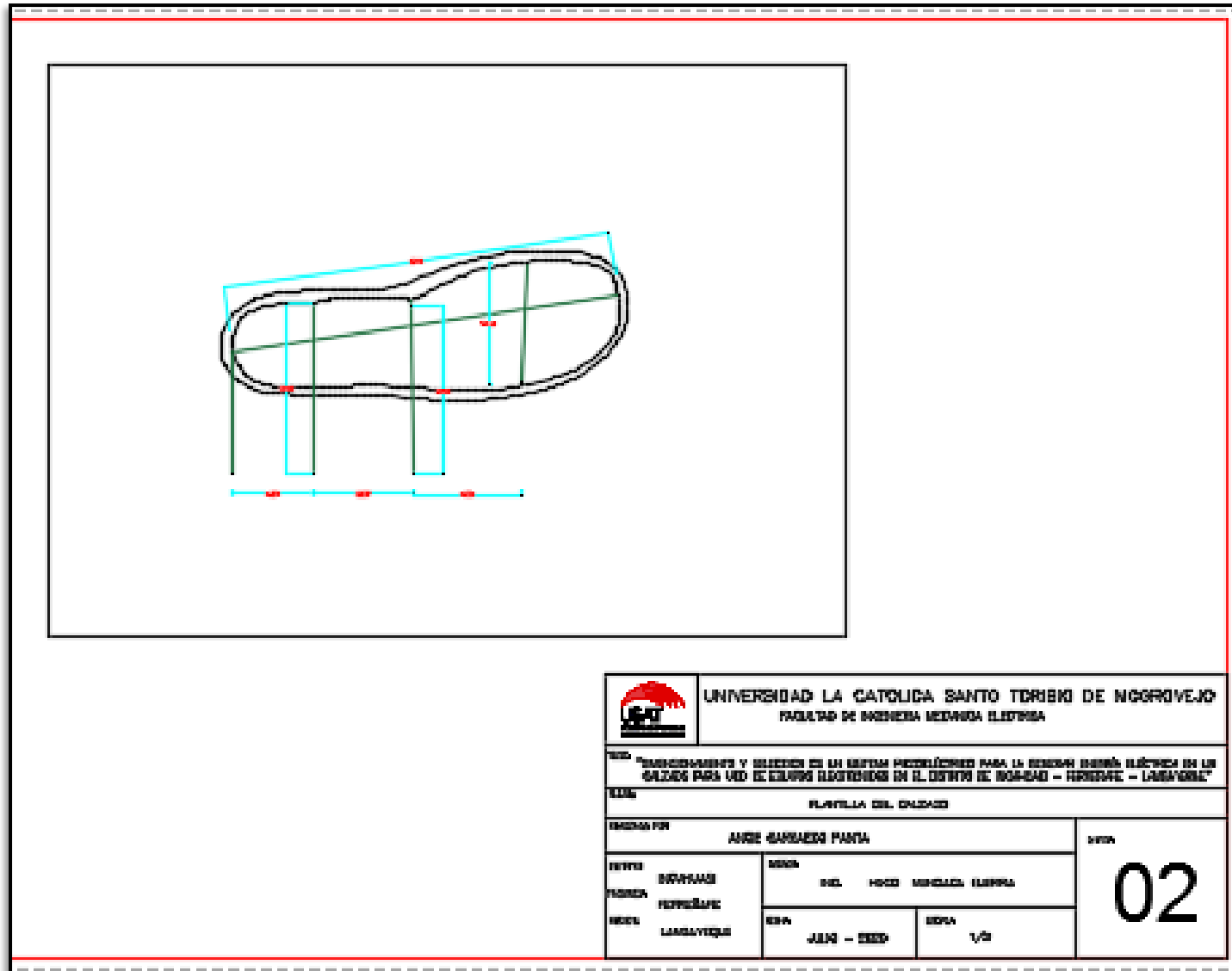


Anexo 7. Plano de la zapatilla Auto Cad

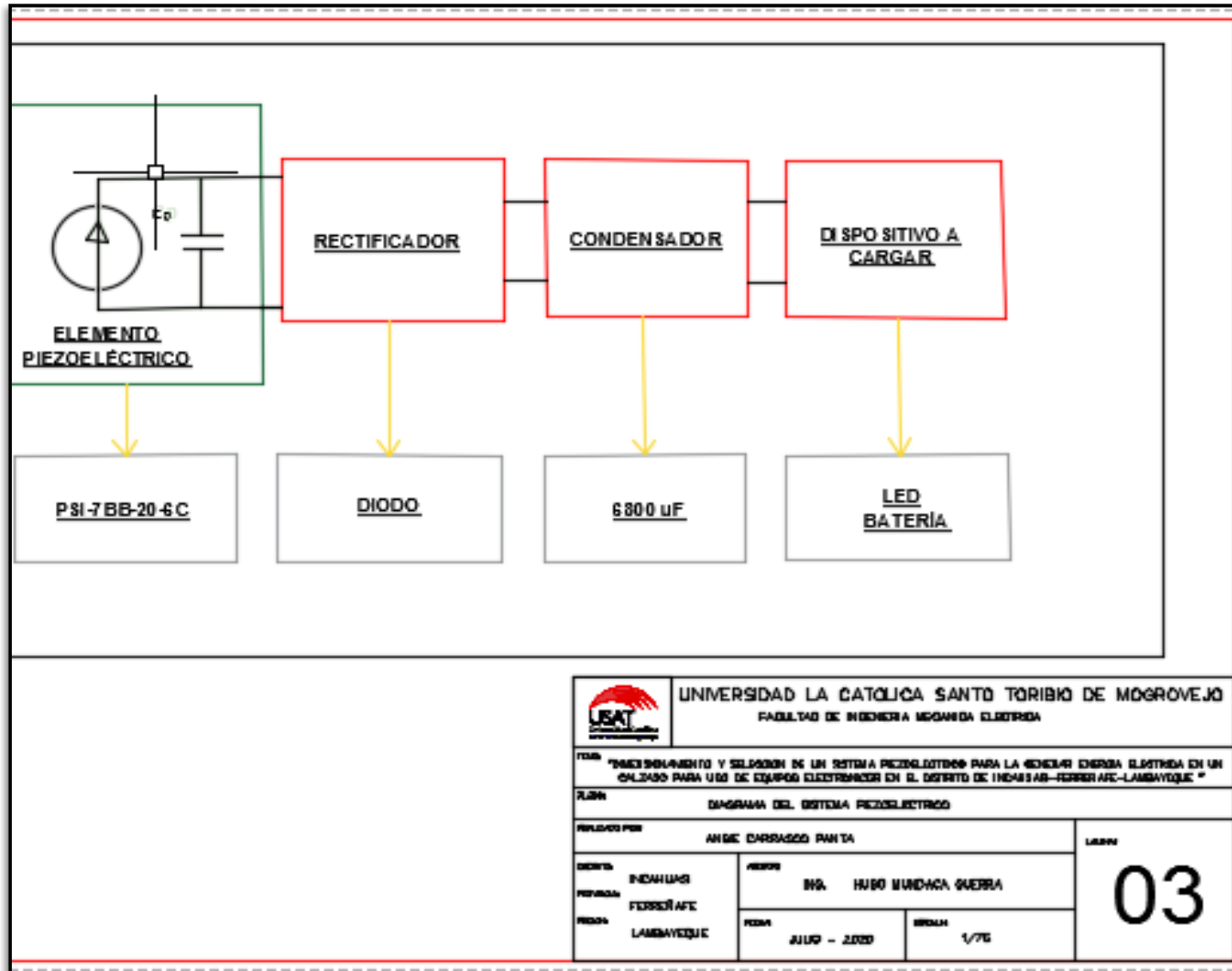



		<b>UNIVERSIDAD LA CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO</b> FACULTAD DE INGENIERIA FERRARIA ELECTRONICA	
TITULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA CONSUMIDORA ELECTRICA EN UN CALZADO PARA 300 DE DEDOS ELABORACION EN EL INTENTO DE BARRAN - PEREGRIN - LAZARUS			
ASIGNATURA: PLANIFICACION DEL CALZADO			
TITULO DEL TRABAJO: LAZARUS CALZADO PARA		NUMERO: 01	
AUTOR: ROSALBA PROFESOR: FERRARI ALUMNO: LAZARUS	FECHA: 02 DEL: HUGO MORALES CARRERA	ESCALA: 1:1	

Anexo 8. Plano de la zapatilla Auto Cad



Anexo 9. Plano del sistema piezoeléctrico



		<b>UNIVERSIDAD LA CATOLICA SANTO TORIBIO DE MUGROVEJO</b> FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELCTRICA	
TEMA: "DESARROLLO Y SELECCION DE UN SISTEMA PIEZOELECTRICO PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELCTRICA EN UN CARGADO PARA USO DE EQUIPOS ELECTRONICOS EN EL DISTRITO DE INDIAS AB-FERRERAFE-LAMBAYEQUE"			
TITULO: DIAGRAMA DEL SISTEMA PIEZOELECTRICO			
DISEÑADO POR: ANGE CARLOS PANTA		LADO:	
DISTRITO: INDIAS AB PROVINCIA: FERRERAFE REGION: LAMBAYEQUE	AUTOR: ING. HUGO MUNDACA GUERRA	<b>03</b>	
FECHA: JULIO - 2020			

## Anexo 10. Operacionalización de Variable – Encuesta

VARIABLE	DIMENSIÓN		INDICADOR	CATEGORÍA	ESCALA DE MEDICIÓN
USO DE EQUIPOS GENERADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA	SOCIO-DEMOGRÁFICOS	GÉNERO	Características fisiológicas	Masculino Femenino	Nominal
		EDAD	Número de años cumplidos	14 - 25 años 26 - 35 años 36 - 45 años Más de 45 años	Razón
				Ninguno Primaria Secundaria Superior	Ordinal
		GRADO DE INSTRUCCIÓN	Nivel de estudios alcanzados		
		LUGAR DE RESIDENCIA	Sitio donde está ubicado el domicilio del encuestado	Comunidad donde vive	Nominal
	ENFERMEDAD CRÓNICAS	Patologías que existen en una persona antes de contratar un seguro de Salud.	Diabetes Hipertensión Asma Alergias Hipotiroidismo	Nominal	
	EQUIPOS FRECUENTES UTILIZADOS POR LOS POBLADORES DE INCAHUASI	LINTERNA	El uso de energía eléctrica es un tema por el que cada vez nos preocupamos más, ya sea por un aumento de los costes asociados o por la generalización de la conciencia ecológica.	Con que frecuencia se usa Cada que tiempo se recarga Estos equipos son de alto consumo de energía	Nominal
		CELULAR		Con que frecuencia se usa Cada que tiempo se recarga Se utilizan equipos de alto consumo de energía	Nominal
		PARLANTE		Con que frecuencia se usa Cada que tiempo se recarga Se utilizan equipos de alto consumo de energía	
			RADIO		Con que frecuencia se usa Cada que tiempo se recarga Se utilizan equipos de alto consumo de energía

**Anexo 11.** Evidencia de encuesta Telefónica a los habitantes del Distrito de Incahuasi-Ferreñafe

<b>NÚMEROS TELEFÓNICOS POBLACIÓN DE DISTRITO DE INCAHUASI – FERRENAFE</b>
986 – 795 – 198
956 – 714 – 006
999 – 246 – 079
964 – 434 – 773
964 – 434 – 773
990 – 100 – 715
956 – 547 – 214
931 – 145 – 575
965 – 214 – 325
974 – 145 – 324
998 – 124 – 477
999 – 174 – 855
996 – 221 – 444
925 – 366 – 477
974 – 127 – 633
944 – 558 – 998
989 – 369 – 477
997 – 396 – 124
989 – 158 – 668
998 – 347 – 959