



MINISTERIO DEL TRABAJO

**SENNOVA**

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

# Revista Integral

Edición 17

ISSN 2462-8034  
ISSN DIG # 2590-7220



**FORMULACIÓN DE UN BANCO DE  
MASAS MADRE**

**INNOVACIÓN Y MODELOS DE  
NEGOCIO**

**BANCO MÓVIL PARA  
VERIFICACIÓN DE  
CAUDALÍMETROS**

**SISTEMA PILOTO AUTOMATIZADO  
PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS**

2023



@SENAcomunica

[www.sena.edu.co](http://www.sena.edu.co)



**SENNOVA**  
Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación



## SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA - REGIONAL SANTANDER

**Jorge Eduardo Londoño Ulloa**  
Director General del SENA

**José Wilson Carrero Maldonado**  
Director regional Santander

**Jose Manuel Ariza Ariza**  
Subdirector Centro de Servicios  
Empresariales y Turísticos

**Wilfren Alberto Ortega Jaime**  
Editor Revista Integra

### COMITÉ CIENTÍFICO

**Eduardo Carrillo Zambrano**  
Posdoctorado en LISSIT.  
Universidad de Valencia  
PhD. en Tecnología de la Información  
Computacional de las Comunicaciones  
Universidad de Valencia  
Mg. en Informática. Universidad Industrial de  
Santander-UIS Bucaramanga, Colombia

**Luz Stella Quintero Rangel**  
Ph. de Ingeniería Química  
Universidad Industrial de Santander UIS  
Investigadora Master en Corasfaltos.  
Profesora Auxiliar de La Universidad  
Autónoma de Bucaramanga - UNAB

**Johana Alexandra Gómez Santos**  
PhD. En Química.  
Universidad Industrial de Santander UIS  
Mg. En Química.  
Universidad Industrial de Santander UIS  
Instructora Investigadora CIMI-SENA  
Regional Santander

**Juan Carlos Hernández Vega**  
Mg. En Administración de Organizaciones  
UNAD  
Esp. En Gestión de Empresa  
Coordinador de Formación Profesional SENA,  
Regional Santander

### COLABORADORES

**Audrey Lorena Gómez Polo**  
Auxiliar Editorial SENNOVA - Centro de  
Servicios Empresariales y Turísticos Regional  
Santander  
Diseñadora Gráfica  
Universitaria de Investigación y Desarrollo UDI



### Revista INTEGRA

Periodicidad: Semestral  
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA  
Regional Santander  
Dirección de formación Profesional Sistema de  
Gestión Estratégica de investigación Desarrollo  
Tecnológico e Innovación (SENNOVA)  
Calle 16 No. 27-37 Piso 2-205 - Tel: 57 607 6800600  
Extensión 73002-74524  
www.sena.edu.co  
Bucaramanga, Santander, Colombia.

## consejo regional

**Presidente Nelson Javier Lizarazo**  
Representante de la CGT

**Vicepresidente: Ivan Zafra Pedraza**  
Representante ANUC

**Nohora Villamizar**  
Representante de la CUT

**María Juliana Remolina Ordoñez**  
ANDI

**José Roberto Alvarez**  
ACOPI

**Alejandro Almeyda**  
FENALCO

**Silvia Patricia Rojas**  
Ministerio de Trabajo

**Raul Serrano**  
Gobernación de Santander

### COMITÉ EDITORIAL

**Jose Manuel Ariza Ariza**  
Administrador de Empresas de la UCC  
Especialista en Mercadeo  
Subdirector Centro de Servicios Empresariales  
y Turísticos.

**Julian Enrique Cely Cárdenas**  
Magíster en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos  
Universidad Internacional Iberoamericana  
Especialista en Gerencia de Proyectos en Inteligencia  
de Negocios  
Universidad Politécnica Grancolombiano  
Dinamizador SENNOVA, Centro de Servicios  
Empresariales y Turísticos - Regional Santander

**Wilfren Alberto Ortega Jaime**  
Esp. En Alta Gerencia.  
Universidad Industrial de Santander UIS  
Esp. En Docencia Universitaria. Universidad  
Cooperativa de Colombia, UCC, Bucaramanga  
Investigador SENNOVA Centro de Servicios  
Empresariales y Turísticos - Regional Santander



@SENAcomunica

www.sena.edu.co

La investigación, por su parte, se ha convertido en un componente esencial de nuestros programas de formación. Los aprendices no solo adquieren habilidades técnicas, sino que también son guiados para explorar y contribuir al conocimiento en sus respectivos campos a través de transferencia de conocimientos en metodologías de investigación. Estimulamos la curiosidad, la creatividad y el espíritu investigativo, proporcionando a los aprendices las herramientas necesarias para enfrentar los retos actuales y futuros.

En el CSET, reafirmamos nuestro compromiso con la excelencia académica, la formación integral y el impulso a la investigación y la innovación. A medida que avanzamos hacia el futuro, continuaremos adaptando nuestros procesos para garantizar que nuestros aprendices estén preparados para afrontar los desafíos y aprovechar las oportunidades que surgen en un mundo dinámico y cambiante.

Publicar en la revista científica Integra del Centro de Servicios Empresariales y Turísticos de Bucaramanga, permite compartir los resultados de la investigación con la comunidad académica y científica a nivel regional, nacional e internacional. Esto contribuye a la difusión del conocimiento y facilita el acceso de otros investigadores, instructores y aprendices, a la información generada, al avance del conocimiento en diferentes disciplinas, reforzando la posición académica y profesional de los instructores y aprendices investigadores.

Agradecemos a todos los colaboradores, instructores y aprendices que hacen posible este proceso de transformación. Juntos, construimos un camino hacia un futuro donde la formación profesional integral sea el motor del progreso y la innovación.

**Jose Manuel Ariza Ariza**

Subdirector

Centro de Servicios Empresariales y Turísticos  
Bucaramanga





# Contenido

**5** FORMULACIÓN DE UN BANCO DE MASAS MADRE A BASE DE ELEMENTOS AGRÍCOLAS DEL DEPARTAMENTO PARA CREAR NUEVOS PRODUCTOS DE PANADERÍA

**14** FORMULATION OF A SOURDOUGH BANK BASED ON AGRICULTURAL ELEMENTS FROM THE REGION FOR THE CREATION OF NEW BAKERY PRODUCTS.

**22** INNOVACIÓN Y MODELOS DE NEGOCIO CON BASE EN TECNOLOGÍAS EMERGENTES APLICADAS A LA CONSULTORÍA EMPRESARIAL

**38** INTRODUCTION INNOVATION AND BUSINESS MODELS BASED ON EMERGING TECHNOLOGIES APPLIED TO BUSINESS CONSULTING

**49** BANCO MÓVIL PARA VERIFICACIÓN DE CAUDALÍMETROS EN SITIO COMO ESTRATEGIA DE APOYO AL SECTOR MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

**64** MOBILE BENCH FOR ON-SITE VERIFICATION OF FLOWMETERS AS A SUPPORT STRATEGY FOR THE INDUSTRIAL INSTRUMENTATION SYSTEMS MAINTENANCE SECTOR.

**74** SISTEMA PILOTO AUTOMATIZADO PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS UTILIZANDO LA ENERGÍA SOLAR EN CURITÍ SANTANDER

**88** AUTOMATED PILOT SYSTEM FOR COOKING FOOD USING SOLAR ENERGY IN CURITI SANTANDER





# FORMULACIÓN

## DE UN BANCO DE MASAS MADRE A BASE DE ELEMENTOS AGRÍCOLAS DEL DEPARTAMENTO PARA CREAR NUEVOS PRODUCTOS DE PANADERÍA

*Nixon Ramiro Rodriguez*

*nrrodriguez@sena.edu.co, Instructur Investigador*

*Carmen Julia Olarte Prada*

*cjolarte@sena.edu.co, Investigador Experto*

*Centro de Servicios Empresariales y Turísticos*

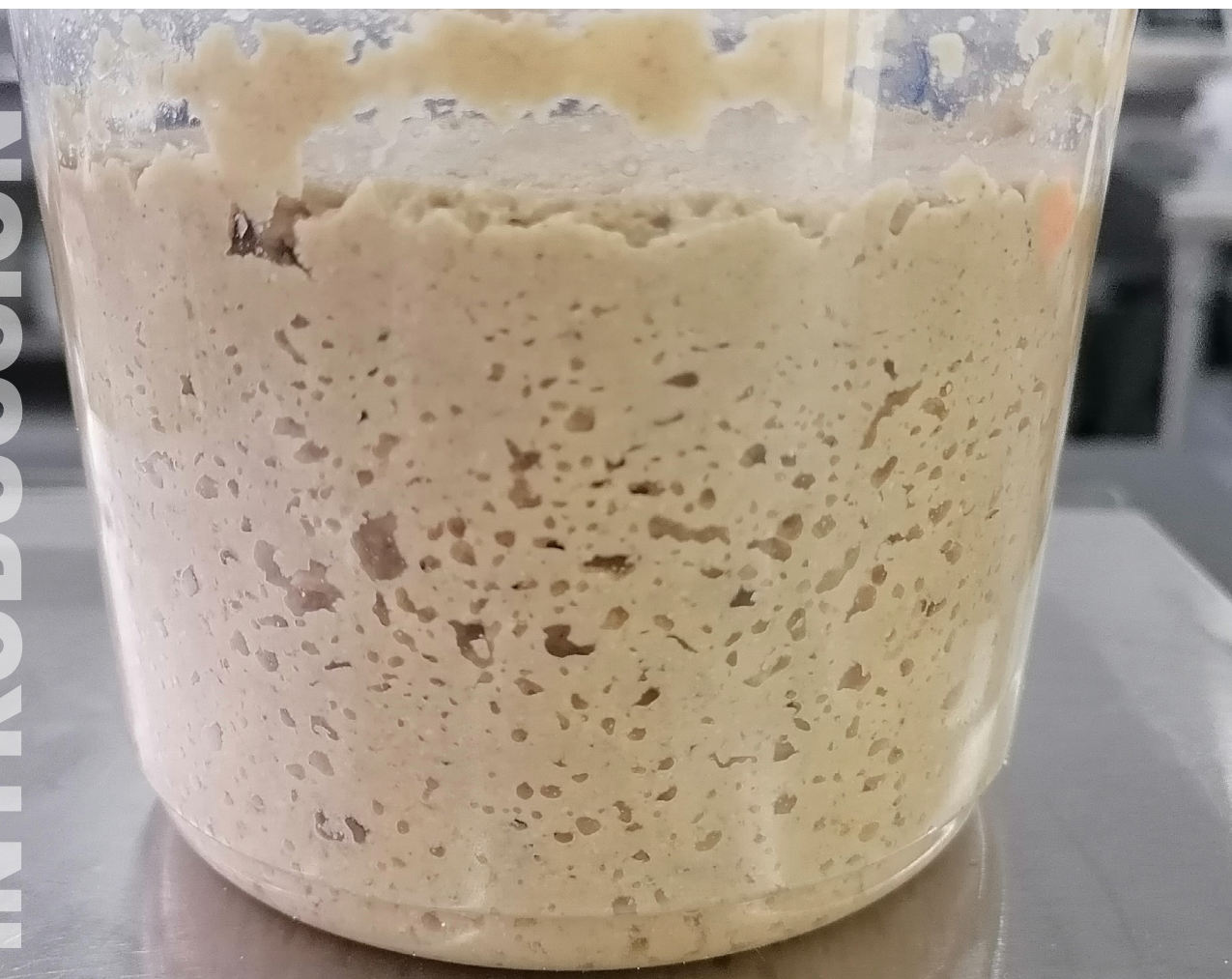
## RESUMEN

La masa madre es un cultivo natural de microorganismos, principalmente levaduras y bacterias lácticas, que se utiliza en la fermentación de productos de panificación. Se compone de una mezcla dinámica y compleja de estos microorganismos, donde las levaduras, como *Saccharomyces cerevisiae*, y las bacterias lácticas, como *Lactobacillus* y *Leuconostoc*, desempeñan roles clave en el proceso de fermentación (Gobbetti, 1998; De Vuyst y Neysens, 2005).

Se fabrica con una mezcla de harina y agua que ha sido fermentada por levaduras y bacterias naturales presentes en el ambiente. Se utiliza como agente fermentador en la elaboración del

pan, proporcionando sabor, aroma y mejorando la textura del pan. En la investigación que se hizo en este proyecto se logró elaborar 4 tipos de masas madres diferentes a la elaborada con harina de trigo, se tomaron productos agrícolas feculentos de la región, en este caso maíz, plátano yuca, se hizo la extracción de harinas y con esta se crearon las masas madres. El banco de masas madres está compuesta por las harinas elaboradas dentro del proyecto y con otras de harina de trigo que estas elaboradas desde el 2020.

**Palabras Clave:** masa madre, banco de masa madre, productos agrícolas feculentos, levaduras, fermentación, pan.



La formulación de un Banco de Masas Madres es una iniciativa innovadora que está conformada por una variedad de cepas de diferentes tipos de harinas. Este banco se concibe como el primero en el SENA, el cual almacena una variada de cepas de masas madres naturales beneficiosos para la elaboración de alimentos fermentados como productos de panificación, vino y cervezas y todos los que en su proceso lleven fermentación. Este banco permite la creación de semillas de masas madres para su posterior uso o análisis en la producción de la industria alimentaria. La función principal de banco de masas madres consiste en: Salvaguardar la diversidad genética de las cepas microbianas presenten en las masas madres. Garantizar la disponibilidad de cepas de variedad de masas madres. Investigar y desarrollar nuevas cepas con propiedades específicas, resistentes a ciertas condiciones de fermentación. Elaborar productos de panadería y pastelería con diferentes características organolépticas.

## Materiales y método

Se realizó en tres etapas, primero extracción de harina de maíz, plátano y yuca, segunda etapa la elaboración de la masa madre y por último la formulación del banco de masas madres.

En la primera etapa se realizaron proceso de rallado, secado y molido del plátano y la yuca, el maíz solo se molió por su granulometría gruesa se pasó por un cernidor de malla delgada para extraer la harina más fina.





En la segunda etapa del proceso se realizó la formulación y creación de los cultivos de las cuatro harinas se incluyó la harina de arroz, este cultivo vivo de levaduras y bacterias naturales se realizó solo con la harina y con agua filtrada alimento necesario para su creación. Esta masa madre se utiliza para fermentar panes y otros productos de panadería, proporcionando sabor, textura y mejorando la calidad de los productos horneados.

| Tabla 1: formulación para la elaboración de unas masas madres |                 |
|---------------------------------------------------------------|-----------------|
| PRODUCTO                                                      | CANTIDAD EN GR. |
| Harina 100%                                                   | 100             |
| Agua filtrada 100%                                            | 100             |

| Tabla 2: Procedimiento                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PRODUCTO                                                | CANTIDAD EN GR.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <i>Primer día (inicio de la fermentación).</i>          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pesar cantidades iguales de harina y agua</li> <li>2. Esterilizar el tarro de vidrio (sumergir en agua caliente de 3 a 5 min)</li> <li>3. Mezclar dentro del tarro la harina y el agua con una cuchara</li> <li>4. Dejar reposar por 24 horas esta mezcla al medio ambiente (Temperatura ambiente)</li> </ol> |
| <i>Segundo día (se observa un leve crecimiento)</i>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pesar la mitad de la mezcla inicial de harina y agua</li> <li>2. Adicionar al tarro ya con el fermento.</li> <li>3. Mezcla con una cuchara limpia</li> <li>4. Dejar reposar por otras 24 horas</li> </ol>                                                                                                     |
| <i>Tercer día (creación de alveolos en la mezcla)</i>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se destapa el tarro, se mezcla ya que está un poco separada por los alveolos que han producido durante este tiempo de fermentación.</li> <li>2. Pesar la mitad de la mezcla inicial de harina y agua</li> <li>3. Mezclar y dejar reposar otras 24 horas</li> </ol>                                            |
| <i>Cuarto día (se crea un líquido en la superficie)</i> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se retira el liquido</li> <li>2. Pesar la mitad de la mezcla inicial de harina y agua</li> <li>3. Mezclar con una cuchara limpia</li> <li>4. Dejamos reposar por otras 24 horas</li> </ol>                                                                                                                    |
| <i>Quinto día</i>                                       | Ya se ha creado la masa madre y podemos utilizarla en cualquier procedimiento de panificación que requiera fermentación.                                                                                                                                                                                                                                |

Fuente: propia



En la tercera etapa se formuló el banco de masas madres con la creación de las cepas de:

- Masa madre de maíz
- Masa madre de plátano
- Masa madre de yuca
- Masa madre de arroz
- Masa madre de trigo



Fuente: propia

Estas masas madres se almacenan en refrigeración de 4 a 8°C y son alimentadas regularmente agregándole una cantidad igual de harina y agua filtrada. También se debe alimentar cada vez que sea utilizada para elaborar un producto de panificación, en congelación se prolonga la vida útil. Se crea una hoja de vida para cada masa madre donde se especifica las fechas de alimentación y de su uso. Tiene una respectiva etiqueta donde tenemos la fecha de creación de la cepa.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de las masas madres de maíz, plátano, yuca y arroz. Los análisis fueron realizados bajo los parámetros de la norma técnica NTC 1807 del 2012 donde se contemplan los análisis utilizados

para determinar las características fisicoquímico de Humedad, Cenizas, pH. Microbiológico de Recuento de *Escherichia coli*, Determinación de salmonella, Recuento de mohos. Según los resultados obtenidos cumple con los parámetros establecidos en la norma. El pH determinar el nivel de acidez de la masa madre dentro de los resultados obtenidos la acidez está cumpliendo los parámetros para la actividad fermentativa.

El contenido de húmedas determinar la cantidad de agua presente en la masa madre y los resultados obtenidos en este parámetro demuestra que está conforme a la norma al igual que los resultados del análisis de cenizas.

El análisis microbiológico indica si hay microorganismos presentes en las muestras, que pueden afectar la actividad fermentativa. Estos análisis proporcionan información crucial sobre la calidad, composición y viabilidad de la masa madre. Los resultados obtenidos garantizan su idoneidad para la elaboración de productos de panadería.





# ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

| Tabla 3: Análisis fisicoquímico de las masas madre de arroz |               |                      |                           |        |           |                    |
|-------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|---------------------------|--------|-----------|--------------------|
| Muestra                                                     |               | Masa madre de arroz  |                           |        |           |                    |
| Análisis                                                    | Norma         | Método de referencia | Referencia de conformidad | Unidad | Resultado | Unidad de medición |
| Humedad en %                                                | NTC 1807:2012 | AOAC 960.18          | 70                        | %      | 51,3      | %                  |
| Cenizas en base seca                                        | NTC 1807:2012 | AOAC 930.35          | 6,0                       | %      | 0,4       | %                  |
| pH solución al 10%                                          | NTC 1807:2012 | NTC 440              | 3,5                       | %      | 4,0       | %                  |

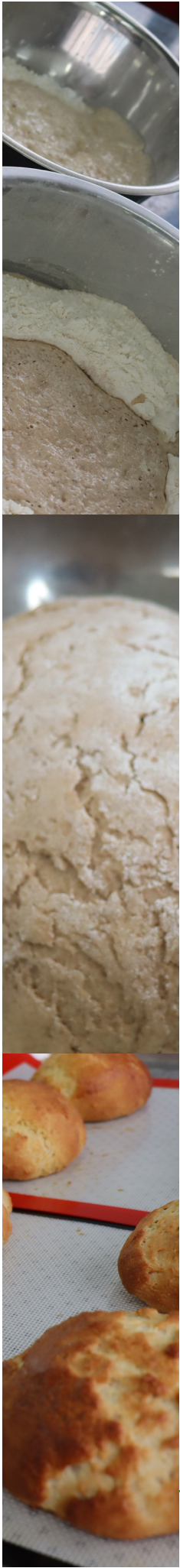
Fuente: Tecnoparque Nodo Bucaramanga

| Tabla 4: Análisis fisicoquímico de las masas madre de maíz |               |                      |                           |        |           |                    |
|------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|---------------------------|--------|-----------|--------------------|
| Muestra                                                    |               | Masa madre de maíz   |                           |        |           |                    |
| Análisis                                                   | Norma         | Método de referencia | Referencia de conformidad | Unidad | Resultado | Unidad de medición |
| Humedad en %                                               | NTC 1807:2012 | AOAC 960.18          | 70                        | %      | 54,6      | %                  |
| Cenizas en base seca                                       | NTC 1807:2012 | AOAC 930.35          | 6,0                       | %      | 0,7       | %                  |
| pH solución al 10%                                         | NTC 1807:2012 | NTC 440              | 3,5                       | %      | 3,7       | %                  |

Fuente: Tecnoparque Nodo Bucaramanga

| Tabla 5: Análisis fisicoquímico de las masas madre de yuca |               |                      |                           |        |           |                    |
|------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|---------------------------|--------|-----------|--------------------|
| Muestra                                                    |               | Masa madre de yuca   |                           |        |           |                    |
| Análisis                                                   | Norma         | Método de referencia | Referencia de conformidad | Unidad | Resultado | Unidad de medición |
| Humedad en %                                               | NTC 1807:2012 | AOAC 960.18          | 70                        | %      | 54,5      | %                  |
| Cenizas en base seca                                       | NTC 1807:2012 | AOAC 930.35          | 6,0                       | %      | 1,0       | %                  |
| pH solución al 10%                                         | NTC 1807:2012 | NTC 440              | 3,5                       | %      | 3,8       | %                  |

Fuente: Tecnoparque Nodo Bucaramanga



| Tabla 6: Análisis fisicoquímico de las masas madre de plátano |               |                      |                           |        |           |                    |
|---------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|---------------------------|--------|-----------|--------------------|
| Muestra                                                       |               | Masa madre plátano   |                           |        |           |                    |
| Análisis                                                      | Norma         | Método de referencia | Referencia de conformidad | Unidad | Resultado | Unidad de medición |
| Humedad en %                                                  | NTC 1807:2012 | AOAC 960.18          | 70                        | %      | 59,6      | %                  |
| Cenizas en base seca                                          | NTC 1807:2012 | AOAC 930.35          | 6,0                       | %      | 0,4       | %                  |
| pH solución al 10%                                            | NTC 1807:2012 | NTC 440              | 3,5                       | %      | 3,8       | %                  |

Nota. Estos resultados de análisis son válidos únicamente para las muestras y los parámetros analizados, con los requisitos de las Normas Técnicas Colombianas correspondientes.

Fuente: Tecnoparque Nodo Bucaramanga

## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

| Tabla 7: Análisis microbiológico de masa madre de arroz |               |                              |                           |           |                    |
|---------------------------------------------------------|---------------|------------------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
| Muestra                                                 |               | Masa madre de arroz          |                           |           |                    |
| Análisis                                                | Norma         | Método de referencia         | Referencia de conformidad | Resultado | Unidad de medición |
| Recuento de Escherichia coli, UFC/g                     | NTC 1807:2012 | Siembra por superficie       | < 10                      | Ausencia  | UFC/g              |
| Detección de Salmonella spp/25 g                        | NTC 1807:2012 | Número más probable (N.M.P)  | Ausencia                  | Ausencia  | 25 g               |
| Recuento de mohos, UFC/g                                | NTC 1807:2012 | Siembra en placa profundidad | 10                        | < 10      | UFC/g              |

| Tabla 8: Análisis microbiológico de masa madre de maíz |               |                              |                           |                      |                    |
|--------------------------------------------------------|---------------|------------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|
| Muestra                                                |               | Masa madre de maíz           |                           |                      |                    |
| Análisis                                               | Norma         | Método de referencia         | Referencia de conformidad | Resultado            | Unidad de medición |
| Recuento de Escherichia coli, UFC/g                    | NTC 1807:2012 | Siembra por superficie       | < 10                      | Ausencia             | UFC/g              |
| Detección de Salmonella spp/25 g                       | NTC 1807:2012 | Número más probable (N.M.P)  | Ausencia                  | Ausencia             | 25 g               |
| Recuento de mohos, UFC/g                               | NTC 1807:2012 | Siembra en placa profundidad | 10                        | 3,5X10 <sup>-1</sup> | UFC/g              |

Fuente: Tecnoparque Nodo Bucaramanga



**Tabla 9: análisis microbiológico de masa madre de plátano**

| Muestra                                     |               | Masa madre de plátano        |                           |           |                    |
|---------------------------------------------|---------------|------------------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
| Análisis                                    | Norma         | Método de referencia         | Referencia de conformidad | Resultado | Unidad de medición |
| Recuento de <i>Escherichia coli</i> , UFC/g | NTC 1807:2012 | Siembra por superficie       | < 10                      | Ausencia  | UFC/g              |
| Detección de <i>Salmonella</i> spp/25 g     | NTC 1807:2012 | Número más probable (N.M.P)  | Ausencia                  | Ausencia  | 25 g               |
| Recuento de mohos, UFC/g                    | NTC 1807:2012 | Siembra en placa profundidad | 10                        | Ausencia  | UFC/g              |

**Tabla 10: análisis microbiológico de masa madre de yuca**

| Muestra                                     |               | Masa madre de yuca           |                           |           |                    |
|---------------------------------------------|---------------|------------------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
| Análisis                                    | Norma         | Método de referencia         | Referencia de conformidad | Resultado | Unidad de medición |
| Recuento de <i>Escherichia coli</i> , UFC/g | NTC 1807:2012 | Siembra por superficie       | < 10                      | Ausencia  | UFC/g              |
| Detección de <i>Salmonella</i> spp/25 g     | NTC 1807:2012 | Número más probable (N.M.P)  | Ausencia                  | Ausencia  | 25 g               |
| Recuento de mohos, UFC/g                    | NTC 1807:2012 | Siembra en placa profundidad | 10                        | Ausencia  | UFC/g              |

Nota. Estos resultados de análisis son válidos únicamente para las muestras y los parámetros analizados, con los requisitos de las Normas Técnicas Colombianas correspondientes.

Fuente: Tecnoparque Nodo Bucaramanga



# CONCLUSIONES



Se crea el primer banco de masas madres en el SENA, con más de 6 cepas refrigeradas con las cuales se puede experimentar en la elaboración de panes que por su característica organoléptica puede mejora el sabor y el aroma.

Al tener un banco de masas madres se puede mejorar la eficiencia ya que se optimizan los procesos y se amplía la diversidad de productos ofreciendo mayores opciones al sector panificador.

En la parte nutricional se podría mejorar la ingesta de productos de panadería elaborados con masas madres ya que mejora la digestibilidad del pan y puede tener beneficios para la salud intestinal debido a la intolerancia de gluten y otros compuestos presenten en la harina de trigo.

Las masas madres estan elaboradas y controladas bajo condiciones específicas como temperaturas de refrigerio y un proceso estandarizo en su creación permitiendo un estándar de calidad constante en los productos elaborados.



# REFERENCIAS

- Reyes, M., & Cáceres, P. (2011). Determinación de los cambios organolépticos y la disminución de aditivos empleando masa madre en la formulación de pan artesanal campestre. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Gómez, J. (2021). Microbiota de las masas madres. Estudio sobre nuevos granos feculentos y análisis de microbiota. Trabajo de grado. Editorial o Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza.
- Gänzle, M., Schmidt, H., & Weckx, S. (2014). Diversidad microbiana presente en fermentaciones de masa madre y su relevancia en la creación de bancos de masa madre. Food Microbiology. [Revista], año 2014.





## OF A SOURDOUGH BANK BASED ON AGRICULTURAL ELEMENTS FROM THE REGION FOR THE CREATION OF NEW BAKERY PRODUCTS.

*Nixon Ramiro Rodriguez*  
*Instructor Investigador*  
*nrrodriguez@sena.edu.co*

*Carmen Julia Olarte Prada*  
*Investigador Experto*  
*cjolarte@sena.edu.co*

## RESUMEN

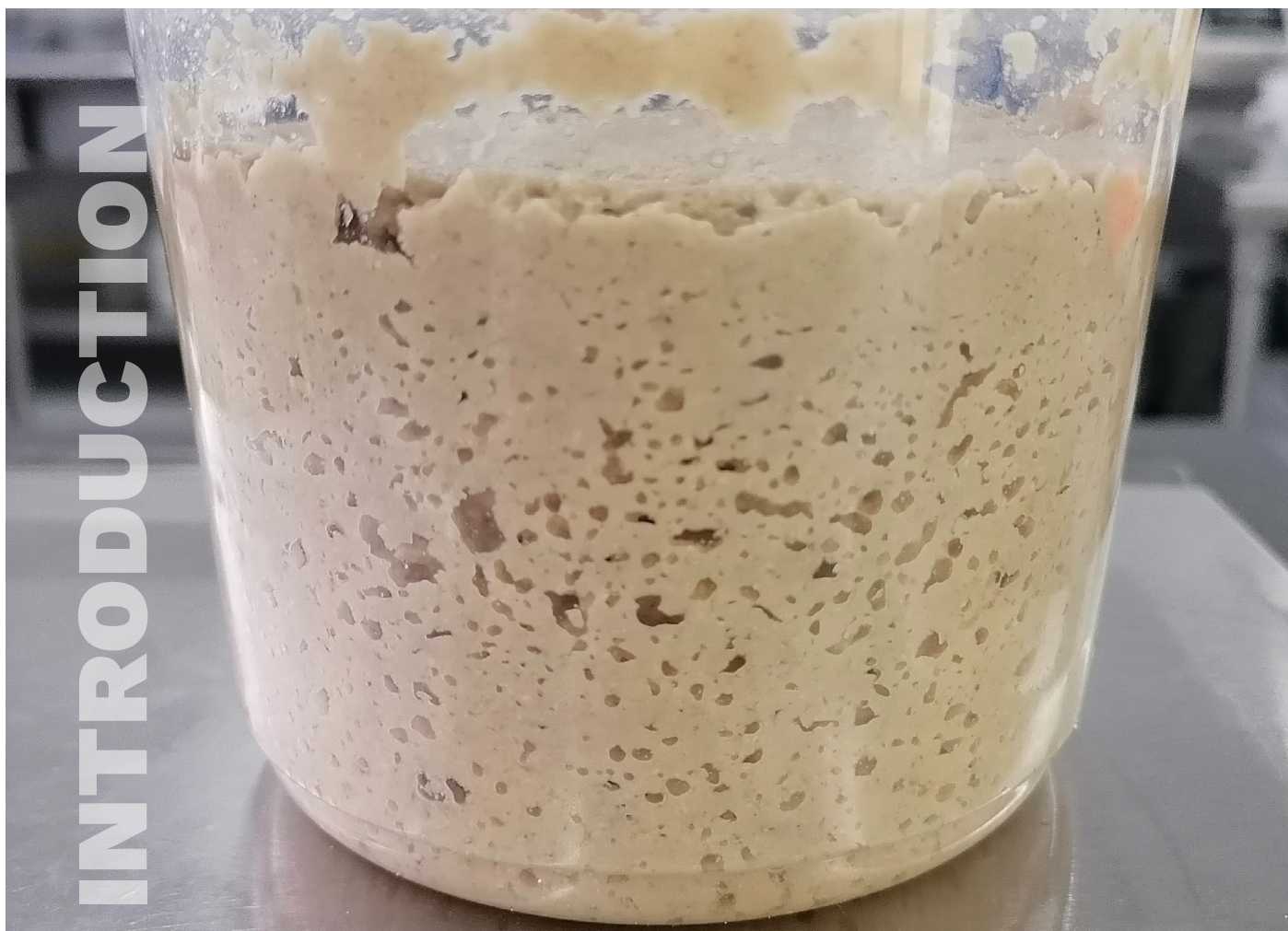
Sourdough is a natural culture of micro-organisms, mainly yeasts and lactic acid bacteria, used in the fermentation of bakery products. It is composed of a dynamic and complex mixture of these microorganisms, where yeasts, such as *Saccharomyces cerevisiae*, and lactic acid bacteria, such as *Lactobacillus* and *Leuconostoc*, play key roles in the fermentation process (Gobbetti, 1998; De Vuyst and Neysens, 2005).

It is made from a mixture of flour and water that has been fermented by naturally occurring yeasts and bacteria present in the environment. It is used as a leavening agent in bread making,

providing flavour, aroma and improving the texture of the bread. In the research carried out in this project, 4 types of sourdough doughs different from the one made with wheat flour were produced, using starchy agricultural products from the region, in this case maize, banana and cassava. The sourdough bank is composed of the flours produced within the project and with other wheat flour flours that have been produced since 2020.

**Keywords.** sourdough, sourdough bank, starchy agricultural products, yeast, fermentation, bread.





The creation of a Sourdough Bank is an innovative initiative that consists of a variety of strains of different types of flours. This bank is conceived as the first one in the SENA, which stores a variety of strains of natural sourdoughs highly beneficial for the elaboration of fermented foods such as bakery products, wine and beer and all those where fermentation is part of their process. This bank allows the creation of sourdough seeds for further use or analysis in the food industry production. The main function of the sourdough bank is to: Safeguarding the genetic diversity of the microbial strains present in sourdoughs. To guarantee the availability of strains of mother dough varieties. To research and develop new strains with specific properties, resistant to certain fermentation conditions. To produce bakery and pastry products with different organoleptic characteristics.

## Methodology (development)

This research was carried out in three stages, firstly the extraction of maize flour, plantain and cassava, secondly the elaboration of the sourdough and finally the formulation of the sourdough bank.

In the first stage, the plantain and cassava were grated, dried and ground. The maize was only ground because of its coarse granulometry and passed through a fine-mesh sifter to extract the finest flour.

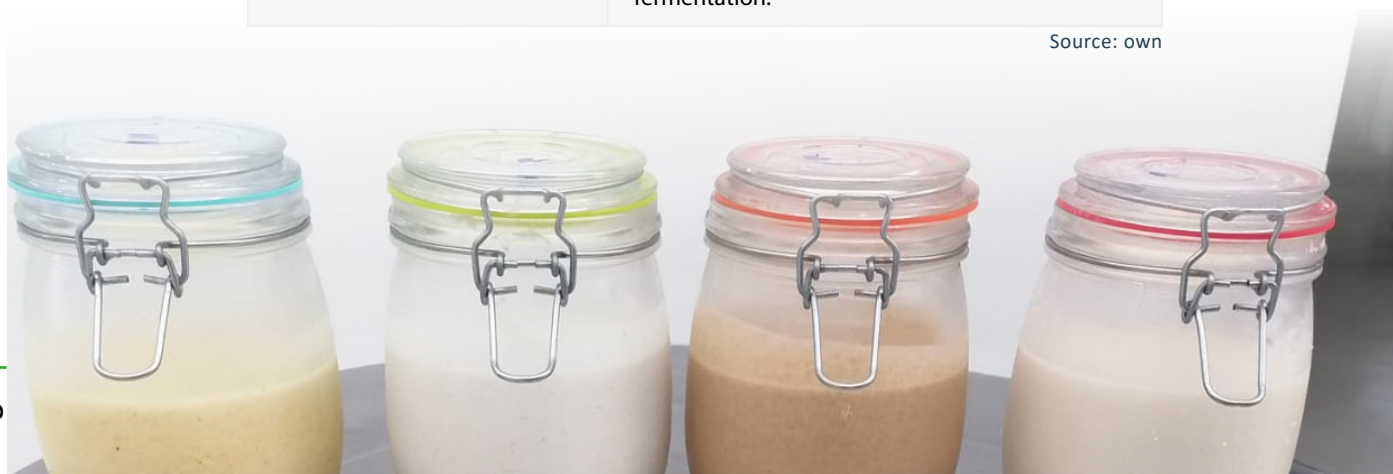


In the second stage of the process, the formulation and creation of the crops of the four flours was carried out, rice flour was included, this living crop of yeasts and natural bacteria was carried out only with the flour and filtered water, which was necessary for its creation. This sourdough is used to ferment breads and other bakery products, providing flavour, texture and improving the quality of baked goods.

| Table 1: formulation for the production of sourdoughs |                |
|-------------------------------------------------------|----------------|
| PRODUCT                                               | QUANTITY IN GR |
| Flour 100%                                            | 100            |
| Filtered water 100%                                   | 100            |

| Table 2: Procedure                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PRODUCTO                                                                | CANTIDAD EN GR.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <i>Day 1<br/>(start of fermentation)</i>                                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Weigh equal quantities of flour and water.</li> <li>2. Sterilise the glass jar (soak in hot water for 3 to 5 min).</li> <li>3. Mix the flour and water with a spoon inside the jar.</li> <li>4. Let the mixture stand for 24 hours at room temperature (room temperature).</li> </ol> Second day (slight growth is observed) |
| <i>Second day<br/>(slight growth is observed)</i>                       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Weigh half of the initial mixture of flour and water.</li> <li>2. Add to the jar with the leaven already in it.</li> <li>3. Mix with a clean spoon</li> <li>4. Leave to stand for another 24 hours</li> </ol>                                                                                                                |
| <i>Third day (creation of cavities in the mixture)</i>                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. The jar is uncovered and the mixture is mixed as it is a little separated by the cavities that have been produced during this fermentation time.</li> <li>2. Weigh half of the initial mixture of flour and water.</li> <li>3. Mix and leave to stand for another 24 hours.</li> </ol>                                       |
| <i>Fourth day (clear liquid on the surface that may be lactic acid)</i> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Remove the liquid</li> <li>2. Weigh half of the initial mixture of flour and water.</li> <li>3. Mix with a clean spoon</li> <li>4. Leave to rest for another 24 hours</li> </ol>                                                                                                                                             |
| <i>Day 5</i>                                                            | The sourdough has now been created and can be used in any baking process that requires fermentation.                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Source: own





In the third stage, the sourdough bank was formulated with the creation of strains of:

- Maize sourdough
- Plantain sourdough
- Cassava sourdough
- Rice sourdough
- Wheat sourdough



Source: own

These sourdoughs are stored refrigerated at 4 to 8°C and fed regularly with an equal amount of flour and fresh water. It should also be fed every time it is used to make a baked product, freezing prolongs the shelf life. A life sheet is created for each sourdough where the dates of feeding and use are specified. It has a respective label where we have the date of creation of the strain.

## RESULTS

Physicochemical and microbiological results of maize, plantain, cassava and rice sourdoughs. The analyses were carried out under the parameters of the technical standard NTC 1807 of 2012 where the analyses used to determine the physicochemical characteristics of Moisture, Ash, pH are contemplated. Microbiological

Escherichia coli count, salmonella determination, mould count. According to the results obtained, it complies with the standards established in the norm. The pH determines the level of acidity of the sourdough. According to the results obtained, the acidity meets the parameters for fermentation activity. The moisture content determines the amount of water present in the sourdough and the results obtained for this parameter show that it complies with the standard, as do the results of the ash analysis.

The microbiological analysis indicates whether micro-organisms are present in the samples, which may affect the fermentative activity. These analyses provide crucial information on the quality, composition and viability of the sourdough. The results obtained guarantee its suitability for the production of bakery products.



# ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

| Table 3: Physico-chemical analysis |               |                  |                      |      |        |                     |
|------------------------------------|---------------|------------------|----------------------|------|--------|---------------------|
| Sample                             |               | Sourdough rice   |                      |      |        |                     |
| Analysis                           | Standard      | Method Reference | Conformity Reference | Unit | Result | Unit of Measurement |
| Moisture content in %              | NTC 1807:2012 | AOAC 960.18      | 70                   | %    | 51,3   | %                   |
| Ash on dry basis                   | NTC 1807:2012 | AOAC 930.35      | 6,0                  | %    | 0,4    | %                   |
| pH solution 10%                    | NTC 1807:2012 | NTC 440          | 3,5                  | %    | 4,0    | %                   |

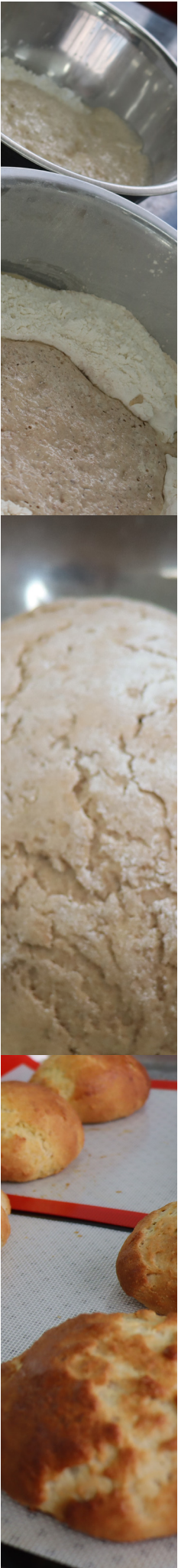
Source: Tecnoparque Nodo Bucaramanga

| Table 4: Physico-chemical analysis of maize sourdoughs |               |                  |                      |      |        |                     |
|--------------------------------------------------------|---------------|------------------|----------------------|------|--------|---------------------|
| Sample                                                 |               | maize sourdoughs |                      |      |        |                     |
| Analysis                                               | Standard      | Method Reference | Conformity Reference | Unit | Result | Unit of Measurement |
| Moisture content in %                                  | NTC 1807:2012 | AOAC 960.18      | 70                   | %    | 54,6   | %                   |
| Ash on dry basis                                       | NTC 1807:2012 | AOAC 930.35      | 6,0                  | %    | 0,7    | %                   |
| pH solution 10%                                        | NTC 1807:2012 | NTC 440          | 3,5                  | %    | 3,7    | %                   |

Source: Tecnoparque Nodo Bucaramanga

| Table 5: Physico-chemical analysis of cassava sourdoughs |               |                    |                      |      |        |                     |
|----------------------------------------------------------|---------------|--------------------|----------------------|------|--------|---------------------|
| Sample                                                   |               | cassava sourdoughs |                      |      |        |                     |
| Analysis                                                 | Standard      | Method Reference   | Conformity Reference | Unit | Result | Unit of Measurement |
| Moisture content in %                                    | NTC 1807:2012 | AOAC 960.18        | 70                   | %    | 54,5   | %                   |
| Ash on dry basis                                         | NTC 1807:2012 | AOAC 930.35        | 6,0                  | %    | 1,0    | %                   |
| pH solution 10%                                          | NTC 1807:2012 | NTC 440            | 3,5                  | %    | 3,8    | %                   |

Source: Tecnoparque Nodo Bucaramanga





| Table 6: Physico-chemical analysis of banana sourdoughs |               |                   |                      |      |        |                     |
|---------------------------------------------------------|---------------|-------------------|----------------------|------|--------|---------------------|
| Sample                                                  |               | banana sourdoughs |                      |      |        |                     |
| Analysis                                                | Standard      | Method Reference  | Conformity Reference | Unit | Result | Unit of Measurement |
| Moisture content in %                                   | NTC 1807:2012 | AOAC 960.18       | 70                   | %    | 59,6   | %                   |
| Ash on dry basis                                        | NTC 1807:2012 | AOAC 930.35       | 6,0                  | %    | 0,4    | %                   |
| pH solution 10%                                         | NTC 1807:2012 | NTC 440           | 3,5                  | %    | 3,8    | %                   |

Note: These analysis results are valid only for the samples and parameters analysed, with the requirements of the corresponding Colombian Technical Standards.  
Source: Tecnoparque Nodo Bucaramanga

## MICROBIOLOGICAL ANALYSIS

| Table 7: Microbiological analysis of Rice Sourdough |               |                            |                         |        |                     |
|-----------------------------------------------------|---------------|----------------------------|-------------------------|--------|---------------------|
| Sample                                              |               | Rice Sourdough             |                         |        |                     |
| Analysis                                            | Standard      | Reference method           | Reference of conformity | Result | Unit of measurement |
| Escherichia coli count, UFC/g                       | NTC 1807:2012 | Surface seeding            | < 10                    | Absent | UFC/g               |
| Detection of Salmonella spp/25 g                    | NTC 1807:2012 | Most probable number (MPN) | Absent                  | Absent | 25 g                |
| Mould count, UFC/g                                  | NTC 1807:2012 | Plate seeding depth        | 10                      | < 10   | UFC/g               |

| Table 8: microbiological analysis of Maize sourdough |               |                            |                         |                      |                     |
|------------------------------------------------------|---------------|----------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|
| Sample                                               |               | Maize sourdough            |                         |                      |                     |
| Analysis                                             | Standard      | Reference method           | Reference of conformity | Result               | Unit of measurement |
| Escherichia coli count, UFC/g                        | NTC 1807:2012 | Surface seeding            | < 10                    | Absent               | UFC/g               |
| Detection of Salmonella spp/25 g                     | NTC 1807:2012 | Most probable number (MPN) | Absent                  | Absent               | 25 g                |
| Mould count, UFC/g                                   | NTC 1807:2012 | Plate seeding depth        | 10                      | 3,5X10 <sup>-1</sup> | UFC/g               |

Source: Tecnoparque Nodo Bucaramanga

**Table 9: microbiological analysis of Banana sourdough**

| Sample                                  |               | Banana sourdough           |                         |        |                     |
|-----------------------------------------|---------------|----------------------------|-------------------------|--------|---------------------|
| Analysis                                | Standard      | Reference method           | Reference of conformity | Result | Unit of measurement |
| <b>Escherichia coli count, UFC/g</b>    | NTC 1807:2012 | Surface seeding            | < 10                    | Absent | UFC/g               |
| <b>Detection of Salmonella spp/25 g</b> | NTC 1807:2012 | Most probable number (MPN) | Absent                  | Absent | 25 g                |
| <b>Mould count, UFC/g</b>               | NTC 1807:2012 | Plate seeding depth        | 10                      | Absent | UFC/g               |

**Table 10: microbiological analysis of Cassava sourdough**

| Sample                                  |               | Cassava sourdough          |                         |        |                     |
|-----------------------------------------|---------------|----------------------------|-------------------------|--------|---------------------|
| Analysis                                | Standard      | Reference method           | Reference of conformity | Result | Unit of measurement |
| <b>Escherichia coli count, UFC/g</b>    | NTC 1807:2012 | Surface seeding            | < 10                    | Absent | UFC/g               |
| <b>Detection of Salmonella spp/25 g</b> | NTC 1807:2012 | Most probable number (MPN) | Absent                  | Absent | 25 g                |
| <b>Mould count, UFC/g</b>               | NTC 1807:2012 | Plate seeding depth        | 10                      | Absent | UFC/g               |

Note. These analysis results are valid only for the samples and parameters analysed, with the requirements of the corresponding Colombian Technical Standards.

Source: Tecnoparque Nodo Bucaramanga





# CONCLUSIONS



The first bank of sourdoughs is created at SENA, with more than 6 strains of sourdoughs from which it is possible to experiment in the elaboration of breads that for its organoleptic characteristic can improve the flavour and aroma.

On the nutritional side, the intake of bakery products made with sourdoughs could be improved as it improves the digestibility of the bread and can have benefits for intestinal health due to the intolerance of gluten and other compounds present in wheat flour.

By having a sourdough bank, efficiency can be improved since processes are optimized and the diversity of products is expanded, offering greater options to the baking sector.

The sourdoughs are prepared and controlled under specific conditions such as snack temperatures and a standardized process in their creation, allowing a constant quality standard in the manufactured products.



# INNOVACIÓN Y MODELOS

## DE NEGOCIO CON BASE EN TECNOLOGÍAS EMERGENTES APLICADAS A LA CONSULTORÍA EMPRESARIAL

*Julián Cely Cárdenas, Hernán Torres Rincón, Juan Sánchez Mendoza*

*Grupo de investigación Einstein*

*Centro de Servicios Empresariales y Turísticos*

*Proyecto Senainnova*

*Bucaramanga, Colombia*

*[jcelyc@sena.edu.co](mailto:jcelyc@sena.edu.co)*

*[hernan.torres@cincot.com](mailto:hernan.torres@cincot.com)*

*[juan.sanchez@cincot.com](mailto:juan.sanchez@cincot.com)*

**Julián Cely Cárdenas,** Ingeniero de Sistemas MSc. En Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos, especialista en gerencia de proyectos en inteligencia de negocios, con más de 15 años de experiencia en dirección de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, consultor experto en Software, BI, Sistemas de Gestión Documental, emprendimiento e innovación empresarial, en el sector publico y privado.

**Hernán Torres Rincón,** Ingeniero Industrial MSc. en Gerencia de operaciones. Experiencia de más de 15 años como director de proyectos de consultoría empresarial en temas como optimización de procesos logísticos, manufactura y servicios, transformación digital, gerencia comercial y financiera, metodologías Lean y Scrum. Emprendedor y socio cofundador de Ágora Holding, grupo empresarial santandereano.

**Juan Sánchez Mendoza,** Ingeniero Industrial Msc. Calidad y Gestión Integral. Con sólidos conocimientos y amplia experiencia en más de 10 años en metodologías de gestión empresarial para el fortalecimiento de las industrias en temas de planeación estratégica, productividad, competitividad, innovación y sostenibilidad, sistemas de gestión integral, tanto del sector público como privado.





# RESUMEN

En Colombia, las MiPymes participan con cerca del 95% del total del tejido empresarial aportando el 80% del empleo nacional y cerca del 28% del PIB según cifras de DANE (Patiño, 2019). No obstante, el 98% de estas empresas no logran superar el año desde su constitución (Banca de Oportunidades, 2017) lo que genera inestabilidad en la economía nacional. El objetivo del presente trabajo es sofisticar una plataforma tecnológica diseñada para conectar a emprendedores y empresas MiPymes con consultores expertos en diferentes disciplinas de gestión empresarial utilizando aplicaciones de la tecnología 4.0.

**Palabras Clave:** Plataforma, Consultoría, Analítica, Emprendimiento.

# ABSTRACT

In Colombia, SMEs participate with close to 95% of the total business fabric, contributing 80% of national employment and close to 28% of GDP according to DANE figures (Patiño, 2019). However, 98% of these companies do not make it past one year since their incorporation (Banca de Oportunidades, 2017), which generates instability in the national economy. The objective of this work is to sophisticate a technological platform designed to connect entrepreneurs and SME companies with expert consultants in different business management disciplines using applications of 4.0 technology.

**Keywords:** Platform, Consulting, Analytics, Entrepreneurship.





# 1. INTRODUCCIÓN



La experiencia de más de diez (10) años de ejercicio en consultoría empresarial de 5T SAS BIC dicta que el emprendimiento y las empresas Mipyme representan un papel fundamental en el desarrollo de la economía nacional, concordando con el informe del Banco Interamericano de Desarrollo, donde menciona la contribución de las Mipymes en la creación del empleo y el desarrollo de las cadenas de suministro. (BID, 2000). Sin embargo, dichas organizaciones compiten en el mercado actual con diferentes desventajas respecto a las grandes compañías en términos de capacidades para el desarrollo de modelos de negocio competitivos en todas sus áreas. En Colombia, las MiPymes tiene una participación cercana al 95% del total del tejido empresarial aportando el 80% del empleo nacional y cerca del 28% del PIB según las cifras de DANE (Patiño, 2019). No obstante, el 98% de estas empresas

no logran superar el año desde su constitución y fracasan (Banca de Oportunidades, 2017) lo que genera inestabilidad en la sociedad y en la economía nacional.

Como solución a dicha situación, a nivel global, actualmente se realizan ofertas de servicios de consultoría empresarial, cuyo propósito es proporcionar soluciones viables para aumentar la productividad y competitividad de las empresas (Gonzales, Rodríguez, & Duarte, 2011). Grandes representantes de Consultoras con sede en Colombia tales como Accenture, Deloitte, Arthur D. Little, entre otros, concuerdan en que la consultoría les brinda un propósito estratégico a los negocios y fortalece sus capacidades para competir. Las firmas consultoras han logrado en los últimos años integrar los elementos y volverlos conexiones exitosas. (Revista Dinero, 2016).



Analizar la información que posee una organización es un requisito indispensable para tomar decisiones. Esto ha llevado a que la Analítica de Datos tenga mayor participación en las estrategias empresariales. De hecho, las cifras comprueban el crecimiento de las empresas de analítica. Desde 2016 el crecimiento de este tipo de empresas está muy por encima del nivel del mercado, aproximadamente el 40%.

Esto demuestra que las soluciones basadas en analítica de negocios están tomando cada vez más fuerza y relevancia. (Grupo Bit, 2020).

Diferentes sectores de la economía han desarrollado usos aplicados con base en Analítica de Datos, tales como el de la manufactura (mantenimiento predictivo, eficiencia operacional y optimización de la producción), retail (desarrollo de productos, mejoramiento de la experiencia del cliente y estrategias de precios), salud

(investigación genómica, experiencia del paciente y medicina preventiva), minero energética (exploración petrolífera y mantenimiento predictivo), telecomunicaciones (optimización del uso de redes, desarrollo e innovación en propuestas de valor) y servicios financieros (sistemas antifraude, regulación financiera y personalización de servicios) (Oracle, 2020).

Es así como la utilización de bases de datos masivos es importante para la toma de decisiones en las organizaciones porque permite adelantarse a los hechos mediante la aplicación de modelos de pronóstico, tal como se evidencia en una investigación de Maciulienė & Skarzauskiene

(2019) en los cuales expresan que “el análisis de datos digitales ofrece oportunidades sin precedentes para desarrollar capacidades dentro de las comunidades simplemente porque las plataformas en línea sirven como centros de adquisición de datos estructurados y no estructurados” (pág. 1). Por otra parte, la información masiva que se obtiene de este tipo de tecnología puede ser utilizada en la aplicación de modelos econométricos en las diferentes áreas del conocimiento, como lo proponen en su trabajo Hamilton & Sodeman, (2020); “como resultado, los investigadores están utilizando

el análisis de Big Data y Analítica de Datos para hacer preguntas de investigación transformadoras en medicina, transporte y planificación urbana, así como en áreas comerciales como marketing y finanzas”. (pág. 85).

De esta forma, el uso de tecnología de Analítica de Datos en las organizaciones

empresariales se encuentra en crecimiento, explorando las nuevas oportunidades que desde el uso estructurado de los datos y de la información, sea posible realizar procesos de toma de decisiones basados en las evidencias que un modelo o algoritmo puede llegar a generar e impactar con altos niveles de asertividad y eficacia. En este sentido, Dueñas (2009) señala que “las herramientas de inteligencia de negocio se han centrado en el tratamiento de los datos con el fin de brindar una información óptima que permita a los analizadores generar una buena toma de decisiones con el fin de mejorar los procesos y, por ende, los niveles de competitividad de la organización frente al mercado” (pág.40).

**Desde 2016 el crecimiento de este tipo de empresas está muy por encima del nivel del mercado, aproximadamente el 40%.**

# 2. METODOLOGÍA



A continuación, se exponen los conceptos y métodos fundamentales utilizados que soportan la investigación realizada.

## 2.1. Marco teórico

### 2.1.1. Analítica de datos

Peña (2020) establece que el término analítica de datos se usa para referirse a los procesos que involucran la recolección, el procesamiento, el análisis, la categorización y el aprovechamiento de grandes cantidades de datos con el objetivo de adquirir información importante sobre procesos de una empresa, rasgos de usuarios, tendencias del mercado y otros datos que se tienen a disposición. En ese sentido, la analítica de datos es el conjunto de acciones que permiten recolectar y aprovechar los datos para encontrar tendencias y oportunidades de negocio para las empresas.

Por otro lado, Serrano (2014), señala que existe una gran variedad de tecnologías, herramientas

y disciplinas científicas que intentan lidiar con la gran cantidad de datos dispersos que están esperando a ser explotados, para lo cual, es necesario generar sistemas que gestionen dichos datos. Dentro de esta gestión hay varios problemas de por sí importantes: cómo capturar esos datos y de qué fuentes; dónde almacenarlos, con el costo que conlleva; cómo encontrar la aguja de información en ese pajar de datos y a ser posible, en tiempo real; cómo analizarlo para generar conocimiento práctico con esas agujas de información y, finalmente, cómo representarlo, cómo visualizar ese análisis para que sea comprensible por quienes tienen que tomar las decisiones



## 2.1.2. Consultoría empresarial



Soler (2020) establece que los servicios consultorías son procesos que ayudan a las empresas a establecer sistemas que propiciaran la transferencia y el pragmatismo de tecnologías y métodos que no están a disposición del intelecto en las organizaciones. Algunas definiciones de estos servicios: son intervenciones específicas realizadas por expertos que realizan acciones de mejora, solucionan problemas y generan nuevas formas de hacer las cosas en las empresas que los contratan, la consultoría se entiende como cualquier forma de proporcionar ayuda sobre contenidos, procesos o estructuras, cuando la persona que la ofrece no es efectivamente responsable de la ejecución de la tarea, sino que colabora con quienes lo son (Olarte, 2012). Los servicios de consultoría y sus expertos, son la interfase entre la academia y las organizaciones de la educación superior y es recurrente que por su flexibilidad las casas consultoras cuenten con modelos y herramientas más actualizadas que las que se imparten en las universidades.

Existen diferentes tipos de consultoría, Schein (1990) los identifican en tres tipos básicos: el de experto, el médico paciente y la consultoría de procesos. Es decir, la acción del proceso de consultoría estará en función de las necesidades que requiera en cliente, aunque es difícil poder establecer un servicio a tendiendo a cánones estrictos. Generalmente estos servicios tienen diferentes tipos de asesoramiento que los enmarca en un amplio espectro de actividades.

## 2.1.3. Mipyme

La micro, pequeña y mediana empresa (MiPyme) conforma una parte fundamental del tejido empresarial, puesto que hacen una contribución importante al nivel de empleo y a la riqueza de las naciones (León et al., 2015). En este sentido, Bell & Teima (2015) estiman que las MiPyme del sector formal generan el 45% del empleo y el 35% de la producción (PIB) en los países emergentes, cifra que puede ser superior si se tuviesen en cuenta aquellas MiPyme que actúan en el sector informal. Paralelamente, la gran capacidad de adaptación de las MiPyme, y su aporte a la generación de empleo las convierte en un agente fundamental para la generación y distribución de riqueza (Restrepo & Vanegas, 2015; Soto & Dolan, 2004; Boscherini & Yoguel, 1996). Por lo anterior, es menester el desarrollo de una base informativa robusta que permita conocer sus características y la forma como se relacionan con el entorno (Kafetzopoulos & Psomas, 2015; Hilman & Kaliappen, 2015; y Piening & Salge, 2015).

Diferentes estudios reflejan las debilidades de carácter estructural presentes en las MiPyme, que minan sus procesos de innovación y competitividad, y comprometen la supervivencia

(Restrepo & Vanegas, 2009; Ferraro & Stumpo, 2010). Así, la globalización de los mercados, la aceleración del cambio tecnológico y el desarrollo de nuevos sistemas de información y comunicación aunadas al escaso hábito de gestión del conocimiento y del capital humano, la dificultad para la captación de capitales ajenos a largo plazo, la menor cualificación de empresarios y empleados, las dificultades de localización e infraestructura, y la complejidad para incorporar las innovaciones tecnológicas son, entre otros, aspectos que dificultan y limitan el desarrollo de las MiPyme

## 2.2. Métodos

La metodología de análisis partió de la definición de los objetivos del proyecto de investigación y las actividades requeridas para su ejecución, así como obtención de resultados previstos.

| Tabla 1. Metodología                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Objetivo                                                                                                                                | Actividades                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Resultados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Mejorar el nivel de satisfacción de la experiencia del usuario cliente en la plataforma por medio de la sofisticación de su interfaz.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Elaborar un informe técnico de validación de requisitos de usuario cliente.</li> <li>● Realizar diseño gráfico mejorado de interfaz de cliente.</li> <li>● Desarrollar módulo de programación de interfaz de cliente.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Informe técnico de validación de requisitos de usuario cliente</li> <li>● Diseño gráfico mejorado de interfaz cliente.</li> <li>● Desarrollo mejorado de módulo programación de interfaz de cliente.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                |
| Mejorar el nivel de satisfacción de la experiencia del usuario consultor en la plataforma por medio de la sofisticación de su interfaz. | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Elaborar un informe técnico de validación de requisitos de usuario consultor.</li> <li>● Realizar diseño gráfico mejorado de interfaz de consultor.</li> <li>● Desarrollar módulo de programación de interfaz de consultor.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Informe técnico de validación de requisitos de usuario consultor</li> <li>● Diseño gráfico mejorado de interfaz consultor.</li> <li>● Desarrollo mejorado de módulo programación de interfaz de consultor.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                          |
| Desarrollar sofisticaciones en plataforma utilizando aplicaciones de analítica de datos.                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Programar algoritmo de analítica de datos que permita recuperación y procesamiento de datos almacenados para generar reportes de tendencias sectoriales.</li> <li>● Programar algoritmo de analítica de datos que permita recuperación y procesamiento de datos almacenados para generar respuestas automáticas a variables de consulta recurrentes</li> <li>● Programar algoritmo de integración de plataforma de transcripción de voz a texto con plataforma de video conferencias</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Algoritmo de analítica de datos para la recuperación y procesamiento de datos almacenados para generar reportes de tendencias sectoriales.</li> <li>● Algoritmo de analítica de datos que permita recuperación y procesamiento de datos almacenados para generar respuestas automáticas a variables de consulta recurrentes.</li> <li>● Algoritmo de integración de plataforma de transcripción de voz a texto con plataforma de video conferencias</li> </ul> |





## 3. RESULTADOS

### 3.1. Validación de requerimientos usuario cliente y consultor

Con base en los resultados obtenidos en trabajo de campo a través de 14 entrevistas y 46 encuestas se elaboró un mapa de empatía donde se describen los trabajos o necesidades funcionales del usuario cliente, las cuales fueron, una vez priorizadas, las siguientes:

- Las temáticas de consulta de mayor preferencia son emprendimiento digital, estrategia empresarial, gestión financiera y diseño para redes sociales.
- Los horarios de mayor frecuencia para realizar este tipo de servicios son en la franja de 6 – 8 p.m. y entre 4 – 6 pm, es decir, finalizando la jornada de la tarde e iniciando la jornada nocturna.

Por otra parte, el trabajo de campo investigación de consultores consistió en realizar veinte (20) encuestas a profesionales consultores a nivel nacional. Los resultados de dicho trabajo de campo se presentan a continuación:

- Los trabajos priorizados para la prestación de servicios de consultoría virtual son la generación de ingresos adicionales, percepción de valoración del conocimiento y la experiencia, accesibilidad al trabajo remoto a través de medios digitales y autorrealización.
- Las tarifas por prestación de hasta 1 hora de servicio de consultoría oscila entre los \$50.000 y los \$100.000 pesos colombianos.

- Los periodos de tiempo de mayor disponibilidad para atender servicios de consultoría virtual son lunes a viernes entre las 6:00 pm y las 8:00 pm y sábados entre las 8:00 am y las 12:00 md.

## 3.2. Diseño gráfico interfaz cliente y consultor

A continuación, se describen los principales elementos del diseño gráfico interfaz cliente.

- Layout. Se utilizó un layout sencillo, con un header que contiene el menú general y 2 secciones finales: suscripción y footer.
- Color. Se utilizó verde espuma apoyado en los tonos básicos blanco y negro para generar contraste.
- La fuente usada es roboto con 3 de sus estilos: bold, regular y light. Es una fuente sans serif que permite dinamismo en los textos

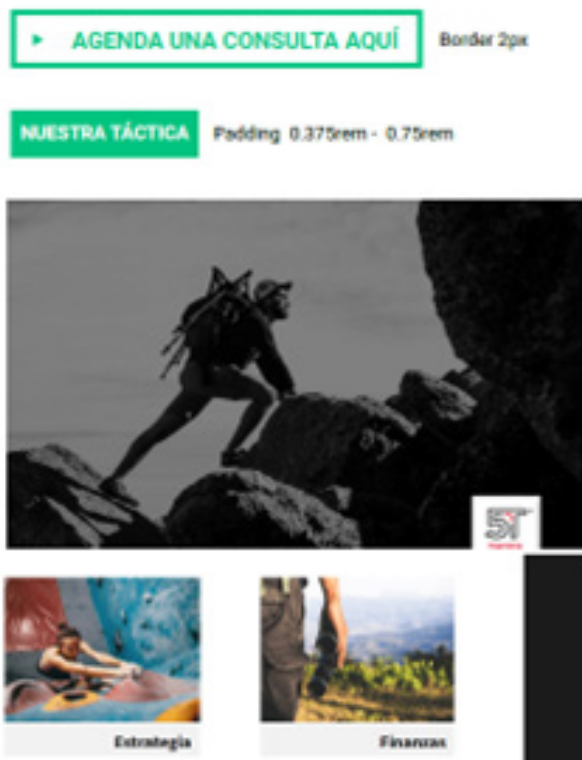


Figura 1. Ilustración diseño gráfico interfaz cliente.

A continuación, se describen los principales elementos del diseño gráfico interfaz consultor.

- Elementos de entrada. Los botones utilizados son de 3 tipos: relleno, línea de borde y solo texto con ícono. Los tipo relleno, se utilizan en acciones que avanzan en los procesos y/o en la navegación hacia otras partes de la web. El botón con línea de borde es de uso exclusivo para ir a la sección de agendamiento. El tipo texto con ícono se utiliza para desplegar información adicional a la ya expuesta.
- Campos de ingreso de texto y desplegables que permiten seleccionar las categorías.
- Calendario interactivo en donde el usuario selecciona la hora disponible y esta se va acumulando en e listado final a la derecha.

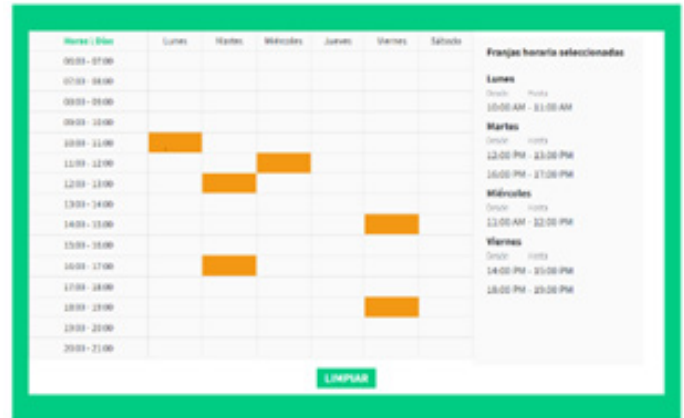


Figura 2. Ilustración diseño gráfico interfaz consultor.

## 3.3. Programación de algoritmos

### 3.3.1. Algoritmo usuario cliente

El proceso se fundamentó en los aspectos que se detallan a continuación.



**Tabla 2. Elementos de programación algoritmo usuario cliente**

| Elemento de programación     | Descripción                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Compatibilidad y rendimiento | <ul style="list-style-type: none"> <li>Resolución de pantalla y el responsive design.</li> </ul>                                                                                                                                  |
| Información general          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Contenido legible, relevante y adecuadamente formateado. Facilidad de navegación y se priorización de la creación de una interfaz de usuario intuitiva y amigable.</li> </ul>              |
| Agendamiento                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Funcionalidad de la interfaz de introducción de información, mejoramiento del sistema de franjas horarias. Desarrollo de editor visual de horarios basado en arrastrar y soltar</li> </ul> |
| Transacciones de pagos       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Integración de un sistema de pago a través de la pasarela de pagos Wompi</li> </ul>                                                                                                        |

### 3.3.2. Algoritmo usuario consultor

El proceso se fundamentó en los aspectos que se detallan a continuación.

**Tabla 3. Elementos de programación algoritmo usuario consultor**

| Elemento de programación   | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Programación de plataforma | <ul style="list-style-type: none"> <li>Compatibilidad de la plataforma con diferentes dispositivos y navegadores. Ajustes y optimizaciones para garantizar que la experiencia del usuario no variaría significativamente</li> </ul>                                                                                                  |
| Mejoras de funcionalidad   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementación de sistema para visualizar y gestionar los agendamientos pendientes de manera eficiente. Programación de asignación de consultor a un agendamento de manera directa desde plataforma. Programación de envío de notificación de la asignación en correo electrónico.</li> </ul> |

### 3.3.3. Algoritmo transcripción voz a texto

Se implementó un módulo que permite a los consultores dictar texto por medio del micrófono de su dispositivo y verlo en pantalla. El módulo está totalmente integrado con la plataforma y facilita la creación de la documentación posterior a una asesoría. La implementación se basó en la Web Speech API. El módulo web permite al usuario pausar y reanudar la transcripción así como borrar el texto transcrito hasta el momento. Las pruebas de precisión realizadas con el módulo arrojaron resultados de precisión entre el 90% y el 98%.



1  
2 La consultoría se realizó a una pequeña empresa de calzado, que ofrece calzado de diseño para todos los miembros de una familia. Reunimos a un equipo experto para llevar a cabo la consultoría en una sesión virtual de Google Meets.  
3  
4 Durante la consultoría, el equipo discutió algunos puntos relativos a la inteligencia de negocios, como la consolidación de los datos de venta, el análisis de datos para mejorar la toma de decisiones de la empresa y el uso de herramientas tecnológicas para ahorrar tiempo y recursos.  
5  
6 Además, también se discutió el lanzamiento de una estrategia de marketing digital personalizada para la empresa, basada en el análisis de la audiencia utilizando búsquedas y contenido relevante. Por otro lado, también se discutieron temas que abarcan una amplia gama de asuntos, como la estrategia de distribución, la promoción de productos y el desarrollo de relaciones con nuevos proveedores.  
7  
8 Para resumir, al final de la consultoría, se llegó a la conclusión de que la empresa de calzado debía implementar soluciones tecnológicas para mejorar los procesos de inteligencia de negocios, así como para maximizar los ingresos a través de una estrategia de marketing digital personalizada.  
9



Figura 3. Ilustración funcional del algoritmo de conversión de voz a texto

### 3.3.4. Algoritmo analítica de datos para generar reportes de tendencias

Se implementaron mecanismos de recolección, procesamiento y visualización de datos, aprovechando las ventajas que ofrece MySQL como motor de base de datos y la librería de JavaScript, Plotly.js, para generar gráficos interactivos.

La base de datos MySQL ha sido diseñada en torno a los procesos de consultoría de la plataforma. Al tratarse de una base de datos relacional, la información se organiza en diversas tablas en las que los tipos de datos pueden estar relacionados. Estas relaciones entre tablas permiten extraer información valiosa de la base de datos.

Se desarrollaron visualizaciones para mostrar información relacionada con las consultorías. Para ello, se utilizó Plotly.js, una librería de código abierto de JavaScript que permite crear gráficas

interactivas. También fue necesario desarrollar una API para consultar la información de la base de datos desde el front end para usarla en las visualizaciones.

Los gráficos y tablas generados son totalmente interactivos: el usuario puede hacer clic en los elementos para filtrar la información y ver detalles adicionales, hacer zoom de diversas formas o activar y desactivar elementos para enfocarse en la información de interés. También se pueden exportar a diversos formatos, como PDF o PNG.

### 3.3.5. Algoritmo respuestas automáticas frecuentes

Al momento de implementar el chatbot, y con base en los experimentos realizados, se tomaron las siguientes decisiones: primero, la mayor parte del tiempo, el chatbot usaría flujos de conversación prediseñados para atender al usuario. Esto con el fin de asegurar que el usuario reciba información veraz sobre el servicio.



Segundo, se dejaría un único momento del flujo de conversación para recibir preguntas abiertas del usuario y responderlas usando inteligencia artificial.

La integración del chatbot en la plataforma se realizó usando la librería Botman, que facilitó la creación de un widget web que aparece en la esquina inferior derecha de la página de Táctica.

El widget permite al usuario interactuar con el chatbot de forma natural, como si estuviera hablando con una persona real. Para ello, el widget muestra un mensaje inicial que invita al usuario a hacer una pregunta, y queda a la espera de una entrada del usuario. A partir de ese momento,

el widget se encarga de comunicar el navegador del cliente con el servidor del chatbot, enviando peticiones y recibiendo respuestas, mostrando todos los resultados en forma de conversación de chat.

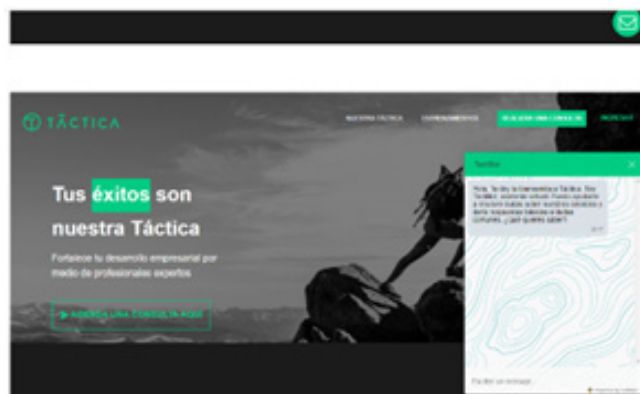


Figura 4. Ilustración funcional del algoritmo de respuestas automáticas consultas frecuentes



Los resultados descritos permitieron concluir lo siguiente:

La plataforma sofisticada representa un modelo validado comercial, técnica y financieramente. Mediante dicha sofisticación se logró el mejoramiento en estética y funcionalidad tanto de la interfaz del cliente como de la interfaz del consultor de manera que se fortaleció la experiencia de conectar a empresarios y emprendedores con expertos consultores y mentores en temáticas de última generación respecto a emprendimiento y

desarrollo empresarial. Esto garantizará gestionar una transferencia efectiva de conocimiento e información a través de un portafolio de servicios y tecnología que contribuya a optimizar los tiempos de atención: a. Consultas (rápidas, puntuales, inmediatas y económicas), b. Acompañamiento mentor (con sesiones continuas y establecidas con una periodicidad fija y que podrá seguir un modelo de precio por inscripción), c. Conversatorios y eventos de “networking” (eventos VIP tipo conversatorios privados, donde varios empresarios al tiempo

tendrán espacios de relacionamiento comercial y que seguirán una programación según el tema principal a conversar tales como tendencias en la industrial digital, marketing digital, estrategia, gestión del valor, gestión de clientes, sistemas de información, etc.), d. Proyectos de consultoría de baja escala (de acuerdo con lo detectado en los escenarios de mentoría por parte de profesionales expertos).

El desarrollo de nuevos servicios con base en tecnología 4.0 (Análítica de Datos) hace de la plataforma sofisticada una herramienta moderna y eficaz para el tejido empresarial. Un primer servicio referido al desarrollo de conocimiento de forma automatizada a partir del análisis de los datos (en tiempo real e históricos, cualitativos y cuantitativos, estructurados y no estructurados), de todas las consultas empresariales que desde la plataforma se realicen, para identificar correlaciones, patrones y tendencias, y generar nuevos conocimientos documentados, que permitan tomar decisiones con inteligencia y mucho más efectivas (de mayor impacto en el cumplimiento de los objetivos empresariales y a menor costo en términos de tiempo y oportunidad). Un segundo servicio, también desde el uso aplicado de la tecnología de Análítica de Datos a la plataforma, que consiste en desarrollar un asesor virtual automatizado que permita dar respuesta a las necesidades de consultas de mayor frecuencia de forma ágil y eficaz, reduciendo los tiempos de atención para un segmento de mercado que actualmente demanda soluciones inmediatas para temáticas específicas.

Los anteriores representan ventajas competitivas respecto a la oferta actual de productos y servicios sustitutos tales como la consultoría tradicional realizada bajo un modelo de gestión por proyectos con canales de comunicación presenciales y consultoría formativa remota asistida por medios digitales (representados en firmas como Accenture, Deloitte, Arthur D. Little, Icontec, Strategika, entre otras) y consultoría a través de medios digitales (representados en modelos como Drew, Esri Colombia, Pragma, Woki Consulting y SoftDoit). Dichas ventajas competitivas, en contraste con las ofertas actuales del mercado, se especifican de la siguiente forma: primero, desarrollo de una propuesta de valor acorde al presupuesto de un target (emprendimientos y MiPymes) y atención personalizada las necesidades de este tipo de cliente (consultas puntuales para consolidar modelos de negocio para etapas tempranas y de crecimiento). Segundo, optimización en los tiempos de respuesta y atención mediante la automatización de consultas recurrentes a través de la incorporación de analítica de datos y la disponibilidad de algoritmos de transcripción de voz a texto. Tercero, generación de reportes de tendencias sectoriales para toma de decisiones con base en la información almacenada y procesada de la misma ejecución de consultas. Cuarto, vinculación de profesionales consultores locales, nacionales e internacionales para garantizar disponibilidad de agendamiento y tiempos de respuesta optimizados. Quinto, desarrollo de redes (networking) entre empresarios desde la misma plataforma. Sexto, escalamiento de necesidades con otros actores de la cadena de valor para la resolución integral de cada usuario.





## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Acopi. (2019) Boletín de prensa N°. 1. 64° congreso nacional mipyme 2019: “la mipyme, como impulsor de la economía nacional. recuperado de, <https://acopi.org.co/wp-content/uploads/2019/12/boletin-de-prensa-005-2019-64%c2%b0congreso-nacional-de-la-mipyme.pdf>
- Aguilar P. (2012). Un modelo de clasificación de inventarios para incrementar el nivel de servicio al cliente y la rentabilidad de la empresa
- Altiok t., Melamed b. (2007): “Simulation modeling and analysis with arena”. Editorial elsevier. Londres, pp. 440. Balley a. (2008): “Design of comparative experiments”, editorial board. Cambridge, pp. 330.
- AmericaEconomia.com. (2018). 4 mitos y realidades sobre las consultoras de empresas. Recuperado de <https://mba.americaeconomia.com/articulos/notas/4-mitos-y-realidades-sobre-las-consultoras-de-empresas>.
- Anaya, J., (2005). Innovación y Mejora de Procesos Logísticos. Madrid. Editorial ESIC.
- Banca de Oportunidades. (2017). La inclusión financiera de las MiPymes en Colombia. Recuperado de <http://bancadelasoportunidades.gov.co/es/blogs/blog-de-bdo/la-inclusion-financiera-de-las-MiPymes-en-colombia>.
- Becerra, P., & Patricia, D. (2010). La globalización y el crecimiento empresarial a través de estrategias de internacionalización.
- Bennett B. (1995): “Simulation Fundamentals”, Editorial Prentice Hall International, pp. 329.
- Bowersox, Donald J. (2007). Administración y Logística de la cadena de Suministros. (2ª. Ed.). México, McGraw Hill.
- Caja Correal. (2018). Cómo hacer de la cadena de suministros un centro de valor. Marge Books.
- Cámara Colombiana de Comercio Electrónico. (2019). Medición de indicadores -Tendencia de la oferta de Bienes y Servicios en línea.
- Carreño G., Eugenia M., (2018). Perfil de Sostenibilidad Empresarial de Micros Pequeñas y Medianas Empresas manufactureras de Santander. Una Metodología a través del Análisis Multivariable. Trabajo de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Cuamea G., Rodríguez M., Poblano E. (2022). Construcción de índices de capacidad para el análisis y evaluación de procesos con múltiples respuestas
- Castro Pantano, C. A., Barragán, C. P., Gil Vacca, D, V., Calvo García, F. M., Ortega, L, C. (2019). Plan de Responsabilidad Social Empresarial AVIDESA MAC POLLO. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- García, J. (2016). Factores que impiden la sostenibilidad de las microempresas en el sector de comercio en Armenia, Quindío. Universidad EAFIT, 1-53.
- García M., Anido J. (2022). Diseño e implementación de un sistema de indicadores de productividad para la gestión de PyMEs colombianas.
- Gonzales, J., Rodríguez, M., & Duarte, L. (2011). Necesidades de consultoría en las MIPYMES del Valle de Sugamuxi en Boyacá. Cuadernos de Administración.
- Gómez, S. (2018). Exportaciones de servicios en el marco TLC Colombia. 1-51.

- GRI, la sostenibilidad desde las PyMEs | news. <https://www.pactoglobal-colombia.org/news/gri-la-sostenibilidad-desde-las-pymes.html>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1996). Metodología de la Investigación. Bogotá: McGraw Hill.
- Hill, C., Jones, G. (2011). Administración estratégica. Un enfoque integral. (9ª. Ed.). Cengage Learning.
- Jiménez G. (2021). Propuesta de un procedimiento para la planeación de las capacidades de producción de una empresa
- Kelton d., Sadowski r., Swets n. (2010): “Simulation with Arena”, 5ta edición, Editorial McGraw Hill, New York, pp. 636.
- Kubo. (2020). El e-commerce, la salvación de los negocios ante el Covid-19. Recuperado de: <https://kubo.co/2020/05/04/elecommerce-la-salvacion-de-los-negocio-durante-el-covid-19/>
- Navarrete, E., & Sansores, E. (2011). El fracaso de las micro, pequeñas y medianas empresas en quintana roo, México: un análisis multivariante. Revista Internacional de Administración y Finanzas, 21-33.
- Norma UNIT-ISO 26000 (2010, 30 diciembre). Guía de Responsabilidad Social. Adopción UNIT diciembre de 2010. <http://www.unit.org.uy>
- Pacho Global, Red Colombiana. (2019).
- Orozco E., Cervera J., (2013). Diseño y Distribución de Instalaciones Industriales Apoyado en el Uso de la Simulación de Procesos
- Patiño, M. V. (2019). Riesgos financieros a que están expuestas las mipymes del sector comercial en Colombia. Universidad Santiago de Cali.
- Peña, O. (2020). Analítica de datos, ¿para qué sirve y qué es?. Recuperado de: <https://www.poli.edu.co/blog/poliverso/analitica-de-datos>
- Plazas Rodríguez, Luis Michael. Investigaciones económicas: integración económica, racionalidad, responsabilidad social, mercados, costos y medioambiente / Luis Michael Plazas Rodríguez [y otros quince autores]. – Bucaramanga (Colombia): Universidad Santo Tomás, 2020.
- Prieto V., Jaca C., Ormazabal M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación
- Restrepo J. et al (2016). Innovación y desempeño de las micro, pequeñas y medianas empresas en Colombia. Recuperado de: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-InnovacionYDesempenoDeLasMicroPequeñasYMedianasEmp-6128070.pdf>
- Romero, F., Andrea, Z., Molina, M., & Analí, M. (2015). Fracaso empresarial de las pequeñas y medianas empresas (MiPymes) en Colombia. Suma de Negocios, 6(13), 29-41. <https://doi.org/10.1016/j.sumneg.2015.08.003>
- Sánchez P., Ceballos F. (2015). Análisis del proceso productivo de una empresa de confecciones: Modelación y simulación
- Serrano J. (2014). Big data y analítica web. Estudiar las corrientes y pescar en un océano de datos. Recuperado de: <https://revista.profesionaldelainformacion.com/index.php/EPI/article/view/epi.2014.nov.01/16929>

- Soler R. (2020). La consultoría empresarial como vector de la innovación. Recuperado de: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/260-922-2-PB.pdf>
- Sulbaran S., Mendoza Z., Mendoza M. (2022). Avances de estrategias de economía circular: análisis comparativo desde las realidades de Buenaventura y Barranquilla
- Tundidor, Hernández, Peña, Martínez (2010). Cadena de Suministros 4.0, Beneficios y retos de las tecnologías disruptivas. Marge Books.
- Villegas, M. G. (2010). La gestión y la información sobre la responsabilidad social empresarial de las PYME: la necesidad de diferenciación. Contaduría Universidad de Antioquia, (56), 15-40.
- Imágenes: [www.freepik.com](http://www.freepik.com)







The experience of more than ten (10) years of practice in business consulting 5T SAS BIC establishes that entrepreneurship and MIPYME represent a key role in the development of the national economy, agreeing with the report of the Inter-American Development Bank, which mentions the contribution of MIPYME in the creation of employment and the development of supply chains (IDB, 2000). However, these organisations compete in the current market with different disadvantages compared to large companies in terms of their capacity to develop competitive business models in all areas. In Colombia, MIPYME account for close to 95% of the total business fabric, contributing 80% of national employment and close to 28% of GDP according to DANE figures (Patiño, 2019). However, 98% of these companies fail to survive

more than a year after their incorporation and fail (Banca de Oportunidades, 2017), which generates instability in society and in the national economy.

As a solution to this situation, business consulting services are currently offered globally, with the purpose of providing viable solutions to increase the productivity and competitiveness of companies (Gonzales, Rodríguez, & Duarte, 2011). Major representatives of consulting firms based in Colombia such as Accenture, Deloitte, Arthur D. Little, among others, agree that consulting provides a strategic purpose to businesses and strengthens their ability to compete. In recent years, consulting firms have managed to integrate the elements and turn them into successful connections (Revista Dinero, 2016).

Analysing the information that an organisation possesses is an indispensable requirement for decision making. This has led to Data Analytics playing a greater role in business strategies. In fact, figures show the growth of analytics companies. Since 2016 the growth of such companies is well above the market level, approximately 40%. This shows that solutions based on business analytics are gaining more and more strength and relevance (Bit Group, 2020).

Different sectors of the economy have developed applied uses based on data analytics, such as manufacturing (predictive maintenance, operational efficiency and production optimisation), retail (product development, customer experience improvement and pricing strategies), healthcare (genomics research, patient experience and preventive medicine), mining and energy (oil exploration and predictive maintenance), telecommunications (optimisation of network usage, development and innovation in value propositions) and financial services (anti-fraud systems, financial regulation and personalisation of services) (Oracle, 2020).

This is how the use of massive databases is important for decision making in organisations because it allows to anticipate events through the application of forecasting models, as evidenced in a research by Maciuliene & Skarzauskiene

(2019) in which they express that “digital data analysis offers unprecedented opportunities to develop capabilities within communities simply because online platforms serve as centres for the acquisition of structured and unstructured data” (p. 1). Moreover, the massive information obtained from this type of technology can be used in the application of econometric models in different areas of knowledge, as proposed in their work by Hamilton & Sodeman, (2020); “as a result, researchers are using Big Data analysis and Data Analytics to ask transformative research questions in medicine, transportation, and urban planning, as well as in commercial areas such as marketing and finance.” (p. 85).

**Since 2016 the growth of such companies is well above the market level, approximately 40%.**

In this way, the use of data analytics technology in business organisations is growing, exploring new opportunities that from the structured use of data and information, it is possible to make decision-making

processes based on the evidence that a model or algorithm can generate and impact with high levels of assertiveness and effectiveness. In this sense, Dueñas (2009) points out that “business intelligence tools have focused on the treatment of data in order to provide optimal information that allows analysts to generate good decision-making in order to improve processes and, therefore, the levels of competitiveness of the organisation in the market” (p.40).





## 2. METHODOLOGY



The fundamental concepts and methods used to support the research carried out are set out below.

### 2.1. Theoretical framework

#### 2.1.1. Data Analytics

Peña (2020) states that the term data analytics is used to refer to processes that involve the collection, processing, analysis, categorisation and exploitation of large amounts of data with the aim of acquiring important information about a company's processes, user traits, market trends and other available data. In this sense, data analytics is the set of actions that allow collecting and exploiting data to find trends and business opportunities for companies.

On the other hand, Serrano (2014) points out that there is a great variety of technologies, tools and scientific disciplines that try to deal with the large amount of dispersed data that are waiting

to be exploited, for which it is necessary to generate systems that manage such data. Within this management there are several important problems: how to capture these data and from which sources; where to store them, with the cost that entails; how to find the needle of information in this haystack of data and if possible, in real time; how to analyse it to generate practical knowledge with these needles of information and, finally, how to represent it, how to visualise this analysis so that it is understandable by those who have to make the decisions.



## 2.1.2. Business consultancy



Soler (2020) states that consultancy services are processes that help companies to establish systems that favour the transfer and pragmatism of technologies and methods that are not available to the intellect in organisations. Some definitions of these services: they are specific interventions carried out by experts who perform improvement actions, solve problems and generate new ways of doing things in the companies that hire them, consultancy is understood as any form of providing help on content, processes or structures, when the person offering it is not actually responsible for the execution of the task, but collaborates with those who are (Olarde, 2012). Consultancy services and their experts are the interface between academia and higher education organisations and it is recurrent that, due to their flexibility, consultancy firms have more up-to-date models and tools than those taught in universities.

Schein (1990) identifies three basic types of consultancy: expert, patient-doctor and process consultancy. In other words, the action of the consultancy process will depend on the needs required by the client, although it is difficult to establish a service based on strict canons. Generally, these services have different types of consultancy, which makes them part of a wide spectrum of activities.

## 2.1.3. Mipyme

Micro, Pequeña y Mediana Empresa (MIPYME) form a fundamental part of the business fabric, as they make an important contribution to the level of employment and wealth of nations (León et al., 2015). In this regard, Bell & Teima (2015) estimate that MIPYME in the formal sector generate 45% of employment and 35% of output (GDP) in emerging countries, a figure that may be higher if those MIPYME operating in the informal sector are taken into account. At the same time, the great adaptability of MIPYME and their contribution to employment generation makes them a fundamental agent for the generation and distribution of wealth (Restrepo & Vanegas, 2015; Soto & Dolan, 2004; Boscherini & Yoguel, 1996). Therefore, it is necessary to develop a robust information base to understand their characteristics and how they relate to the environment (Kafetzopoulos & Psomas, 2015; Hilman & Kaliappen, 2015; and Piening & Salge, 2015).

Different studies reflect the structural weaknesses present in MIPYME, which undermine their innovation and competitiveness processes and compromise their survival (Restrepo & Vanegas, 2009; Ferraro & Stumpo, 2010). Thus,

the globalisation of markets, the acceleration of technological change and the development of new information and communication systems, together with the scarce habit of managing knowledge and human capital, the difficulty of attracting long-term external capital, the lower qualifications of entrepreneurs and employees, the difficulties of location and infrastructure, and the complexity of incorporating technological innovations are, among others, aspects that hinder and limit the development of MIPYME.

## 2.2. Methods

The methodology of analysis was based on the definition of the objectives of the research project and the activities required for its implementation, as well as the expected results.

| Table 1. Methodology                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Objetivo                                                                                                                         | Actividades                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Resultados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Improve the level of satisfaction of the client user experience on the platform through the sophistication of its interface.     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Produce a technical report validating client user requirements.</li> <li>● Carry out improved graphical design of client interface.</li> <li>● Develop client interface programming module.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Customer user requirements validation technical report.</li> <li>● Improved graphical design of client interface.</li> <li>● Improved client interface programming module development.</li> </ul>                                                                                                                                                                                   |
| Improve the level of satisfaction of the consultant user experience on the platform through the sophistication of its interface. | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Produce a technical report on the validation of consultant user requirements.</li> <li>● Carry out improved graphic design of consultant interface.</li> <li>● Develop consultant interface programming module.</li> </ul>                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Consultant user requirements validation technical report.</li> <li>● Improved graphical design of consultant interface.</li> <li>● Enhanced consultant interface programming module development.</li> </ul>                                                                                                                                                                         |
| Develop platform sophistication using data analytics applications.                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Program data analytics algorithm to allow retrieval and processing of stored data to generate sector trend reports.</li> <li>● Program data analytics algorithm to allow retrieval and processing of stored data to generate automatic responses to recurring query variables.</li> <li>● Program algorithm for integration of voice-to-text transcription platform with video conferencing platform.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Data analytics algorithm for retrieval and processing of stored data to generate sector trend reports.</li> <li>● Data analytics algorithm to allow retrieval and processing of stored data to generate automatic responses to recurring query variables.</li> <li>● Algorithm for integration of voice-to-text transcription platform with video conferencing platform.</li> </ul> |



## 3. RESULTS

### 3.1. Validation of client-user and consultant requirements

Based on the results obtained in fieldwork through 14 interviews and 46 surveys, an empathy map was drawn up describing the client user's work or functional needs, which, once prioritised, were as follows:

- The most preferred consultation topics are digital entrepreneurship, business strategy, financial management and design for social networks.
- The most frequent times for this type of service are between 6 - 8 p.m. and 4 - 6 p.m., i.e. at the end of the afternoon and the beginning of the evening.

On the other hand, the fieldwork research of consultants consisted of conducting twenty (20) surveys of professional consultants at the national level. The results of this fieldwork are presented below:

- The jobs prioritised for the provision of virtual consultancy services are the generation of additional income, perceived valuation of knowledge and experience, accessibility to remote work through digital means and self-realisation.
- Rates for up to 1 hour of consulting services range from \$50,000 to \$100,000 Colombian pesos.



- The periods of time of greatest availability for virtual consultancy services are Monday to Friday between 6:00 pm and 8:00 pm and Saturdays between 8:00 am and 12:00 noon.

## 3.2. Graphic design of the client-consultant interface

The main elements of the graphic design of the client interface are described below.

- Layout. A simple layout was used, with a header containing the general menu and 2 final sections: subscription and footer.
- Colour. Foam green was used, supported by the basic black and white tones to generate contrast.
- The font used is roboto with 3 of its styles: bold, regular and light. It is a sans serif font that allows dynamism in the texts.

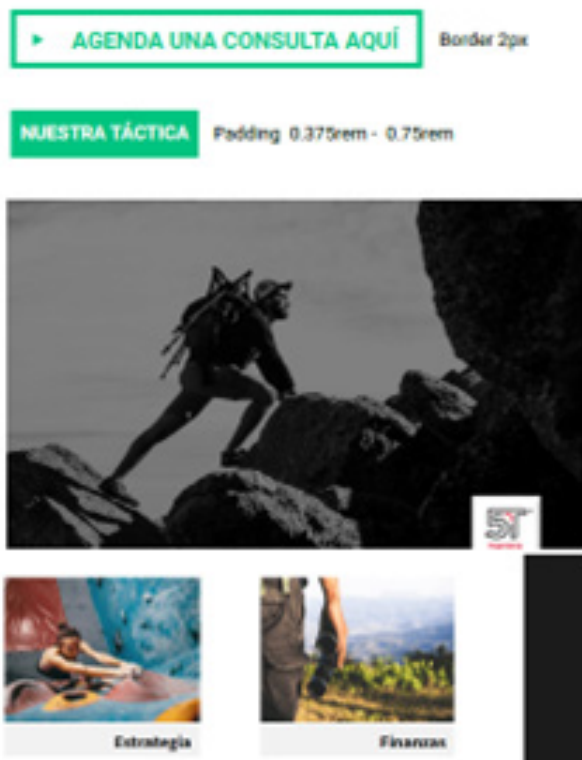


Figure 1. Illustration of the graphic design of the client interface.

The main elements of the graphical design of the consultant interface are described below.

- Input elements. The buttons used are of 3 types: fill, border line and only text with icon. The fill type buttons are used in actions that advance in the processes and/or in the navigation to other parts of the web. The button with border line is used exclusively to go to the scheduling section. The text type with icon is used to display additional information to that already displayed.
- Text input fields and drop-down fields that allow the user to select categories.
- Interactive calendar where the user selects the available time and this is accumulated in the final list on the right.

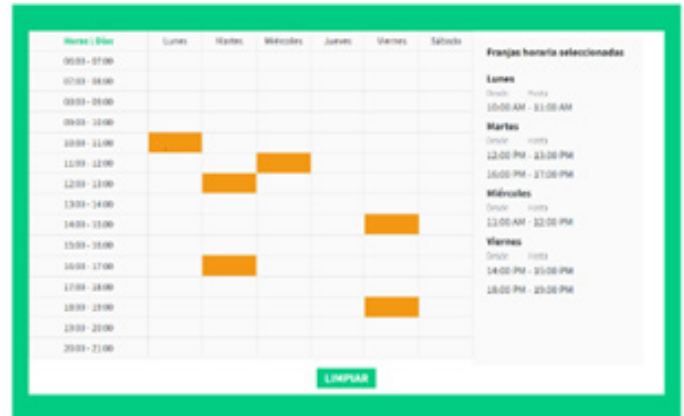


Figure 2. Illustration of the graphical design of the consultant interface.

## 3.3. Algorithm programming

### 3.3.1. Client-user algorithm

The process was based on the aspects detailed below.

**Table 2. Programming elements client user algorithm**

| Programming element           | Description                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Compatibility and performance | <ul style="list-style-type: none"> <li>Screen resolution and responsive design.</li> </ul>                                                                                                                   |
| General information           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Readable, relevant and properly formatted content. Ease of navigation and prioritisation of the creation of an intuitive and user-friendly user interface.</li> </ul> |
| Scheduling                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Functionality of the input interface, improvement of the time slot system. Development of visual drag-and-drop timetable editor.</li> </ul>                           |
| Payment transactions          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Integration of a payment system through the Wompi payment gateway.</li> </ul>                                                                                         |

### 3.3.2. Consultant user algorithm

The process was based on the following aspects.

**Table 3. Programming elements of the user-consultant algorithm**

| Programming element        | Description                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Platform programming       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Platform compatibility with different devices and browsers. Adjustments and optimisations to ensure that the user experience would not vary significantly.</li> </ul>                                                                           |
| Functionality enhancements | <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementation of system to visualise and manage pending appointments efficiently. Scheduling of consultant assignment to an appointment directly from the platform. Scheduling of sending notification of the assignment by e-mail.</li> </ul> |

### 3.3.3. Algorithm for speech to text transcription

A module was implemented that allows consultants to dictate text through the microphone of their device and view it on screen. The module is fully integrated with the platform and facilitates the creation of post-consultancy documentation. The implementation was based on the Web Speech API. The web module allows the user to pause and resume the transcription as well as to delete the text transcribed so far. Accuracy tests conducted with the module yielded accuracy results between 90% and 98%.



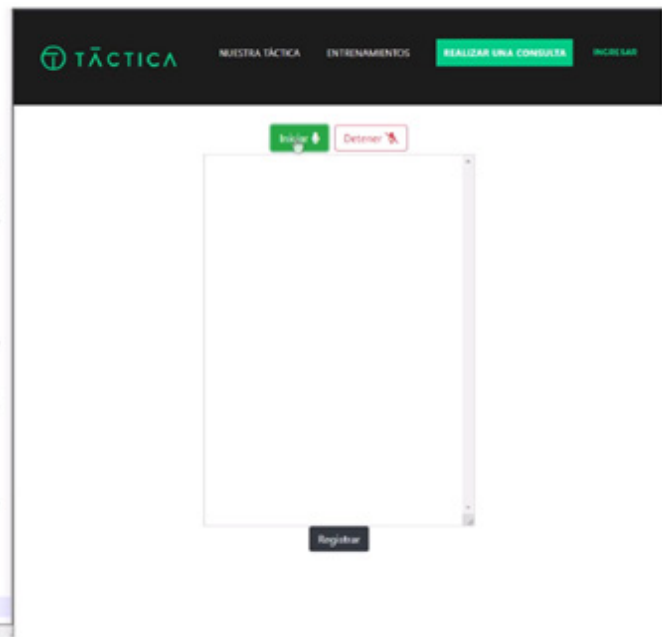
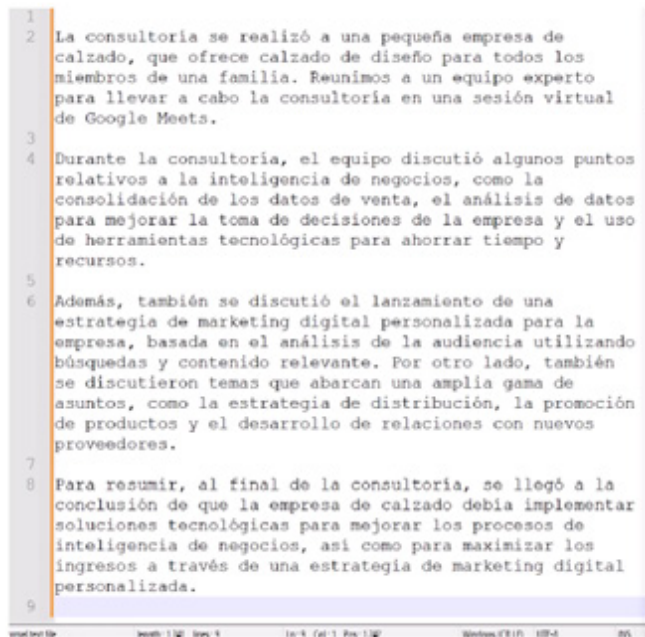


Figure 3. Functional illustration of speech-to-text algorithm

### 3.3.4. Data analytics algorithm to generate trend reports

Data collection, processing and visualisation mechanisms were implemented, taking advantage of MySQL as a database engine and the JavaScript library, Plotly.js, to generate interactive graphics.

The MySQL database has been designed around the platform's consulting processes. As a relational database, the information is organised in various tables in which data types can be related. These relationships between tables allow valuable information to be extracted from the database.

Visualisations were developed to display information related to the consultancies. For this, Plotly.js, an open source JavaScript library that allows the creation of interactive graphics, was used. It was also necessary to develop an API to query the database information from the front end for use in the visualisations.

The generated graphs and tables are fully interactive: the user can click on elements to filter the information and see additional details, zoom in and out in various ways or toggle elements on and off to focus on the information of interest. They can also be exported to various formats, such as PDF or PNG.

### 3.3.5. Algorithm for automatic responses to frequent queries

At the time of implementing the chatbot, and based on the experiments conducted, the following decisions were made: first, most of the time, the chatbot would use pre-designed conversation flows to serve the user. This is to ensure that the user receives truthful information about the service. Second, a single moment in



the conversation flow would be left for receiving open questions from the user and answering them using artificial intelligence.

The integration of the chatbot into the platform was done using the Botman library, which facilitated the creation of a web widget that appears in the bottom right corner of the Tactics page.

The widget allows the user to interact with the chatbot in a natural way, as if they were talking to a real person. To do this, the widget displays an initial message inviting the user to ask a question, and waits for user input. From then on,

the widget communicates between the client's browser and the chatbot server, sending requests and receiving responses, displaying all the results in the form of a chat conversation.

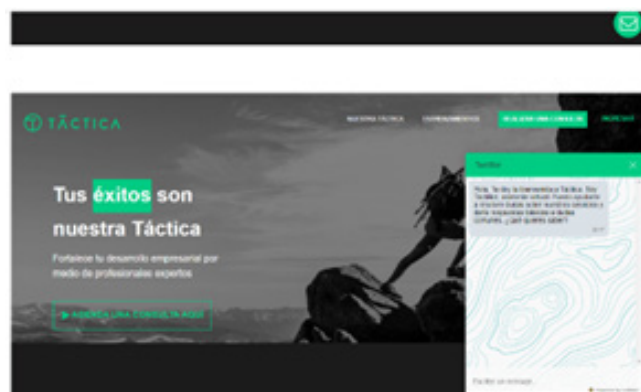


Figure 4. Functional illustration of the frequent query auto-response algorithm



The results described above led to the following conclusion:

The sophisticated platform represents a commercially, technically and financially validated model. By means of this sophistication it was possible to improve the aesthetics and functionality of both the client interface and the consultant interface in a way that strengthened the experience of connecting business people and entrepreneurs with expert consultants and mentors in state-of-the-art entrepreneurship and

business development topics. This will guarantee an effective transfer of knowledge and information through a portfolio of services and technology that will contribute to optimise the time of attention:

- a. Consultations (fast, punctual, immediate and economic),
- b. Mentoring (with continuous sessions established with a fixed periodicity and that can follow a price per registration model),
- c. Conversations and “networking” events. Conversations and networking events (VIP events such as private conversations, where several entrepreneurs at the same time will have

business relationship spaces and that will follow a schedule according to the main topic to be discussed such as trends in the digital industry, digital marketing, strategy, value management, customer management, information systems, etc.), d. Small-scale consulting projects (according to what has been detected in the mentoring scenarios), e. Mentoring (in accordance with the main topic to be discussed such as trends in the digital industry, digital marketing, strategy, value management, customer management, information systems, etc.), f. Mentoring of entrepreneurs (in accordance with what has been detected in the mentoring scenarios).

The development of new services based on 4.0 technology (Data Analytics) makes the sofistica platform a modern and efficient tool for the business fabric. The first service refers to the automated development of knowledge based on the analysis of data (in real time and historical, qualitative and quantitative, structured and unstructured), of all business queries made from the platform, to identify correlations, patterns and trends, and generate new documented knowledge, which allows intelligent and much more effective decisions to be made (with greater impact on the achievement of business objectives and at a lower cost in terms of time and opportunity). A second service, also based on the use of data analytics technology applied to the platform, consists of developing an automated virtual advisor to respond to the needs of more frequent queries in an agile and efficient manner, reducing service times for a market segment that currently demands immediate solutions for specific issues.

The above represent competitive advantages over the current offer of substitute products and services such as traditional consultancy carried out under a project management model with face-to-face communication channels and remote training consultancy assisted by digital media (represented in firms such as Accenture, Deloitte, Arthur D. Little, Icontec, Strategika, among others) and consultancy through digital media (represented in models such as Drew, Esri Colombia, Pragma, Woki Consulting and SoftDoit).

These competitive advantages, in contrast to current market offerings, are specified as follows: first, development of a value proposition according to the budget of a target (start-ups and MIPYME) and personalised attention to the needs of this type of client (specific consultations to consolidate business models for early stages and growth).

Second, optimisation of response and service times by automating recurring queries through the incorporation of data analytics and the availability of voice-to-text transcription algorithms. Third, generation of sectoral trend reports for decision-making based on the information stored and processed from the execution of queries. Fourth, linking local, national and international professional consultants to ensure availability of scheduling and optimised response times. Fifth, development of networks (networking) between entrepreneurs from the same platform. Sixth, scaling of needs with other actors in the value chain for the integral resolution of each user.





# BANCO MÓVIL

## PARA VERIFICACIÓN DE CAUDALÍMETROS EN SITIO COMO ESTRATEGIA DE APOYO AL SECTOR MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

**CRISTHIAM LEONARDO HIGUERA**

**WILMER ALEXANDER SALINAS**

**EMERSON PAOLO VILLA**

*Instructor, Sena CDT*

*clhiguerar@sena.edu.co, wsalinas@sena.edu.co, evilla@sena.edu.co*

*Barrancabermeja.*

## RESUMEN

Para mantener la calidad de los procesos productivos no basta con adquirir la tecnología, sino que para asegurar su correcto funcionamiento también es necesario el mantenimiento de los equipos, una de estas tareas es la verificación y/o calibración. De acuerdo con información consultada en el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC), en el departamento de Santander hasta el momento solo se encuentra 1 laboratorio acreditado para calibración de medidores de flujo tipo Coriolis CDT de GAS, y ningún laboratorio de transmisores electromagnéticos o ultrasónicos para medición

de líquidos. Este proyecto tiene el objetivo de seguir fortaleciendo los conocimientos sobre la medición de caudal de fluidos líquidos, por medio del desarrollo de una infraestructura metrológica destinada a la calibración de medidores de flujo mássicos, gravimétricos y volumétricos en el Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico CDT Barrancabermeja.

**Palabras clave:** Métodos de calibración de flujo; Calibración de flujo; Tipos de caudalímetros; Método volumétrico de calibrador de flujo; Método gravimétrico de calibrador de flujo.



# ABSTRACT

To maintain the quality of the production processes, it is not enough to acquire the technology; to ensure its correct operation it is also necessary to maintain the equipment; one of these tasks is verification and/or calibration. According to information consulted at the National Accreditation Body of Colombia (ONAC), so far in the department of Santander there is only one laboratory accredited for the calibration of Coriolis CDT flow meters for GAS, and no laboratory for electromagnetic or ultrasonic transmitters for liquid measurement. The objective of this project is to continue strengthening knowledge on flow measurement of liquid fluids through the development of a metrological infrastructure for the calibration of mass, gravimetric and volumetric flow meters at the Industrial and Technological Development Center CIDT Barrancabermeja.

**Keywords:** Flow calibration methods; Flow calibration; Types of flow meters; Volumetric method of flow calibrator; Gravimetric method of flow calibration.

# INTRODUCCIÓN.

En el sector OIL & GAS, la medición precisa del flujo es esencial para garantizar la calidad y la seguridad en las operaciones. Para llevar a cabo esta tarea, se utilizan diversos métodos de medición, cada uno con sus propias características y ventajas.

Existen diversas tecnologías para la medición de flujo en aplicaciones industriales y científicas. Cada tecnología tiene sus propias ventajas

y desventajas, y la elección de la tecnología adecuada depende de factores como el tipo de fluido, el rango de caudal, la precisión requerida y las condiciones del entorno.

Actualmente en el centro industrial y del desarrollo tecnológico CIDT Barrancabermeja contamos con algunas de estas tecnologías, las cuales vamos a implementar en el banco para saber que tan eficientes son en el proceso de



medición y calibración de instrumentos para flujo, algunos de ellos son:

- **Medidores de caudal electromagnéticos Figura 1.**



Figura 1. Fotografía tomada en el ambiente instrumentación CIDT-Barrancabermeja.

- **Medidores de caudal de placa orificio Figura 2.**



Figura2.Fotografía tomada en el ambiente instrumentación CIDT-Barrancabermeja.

- **Medidores de caudal de efecto Coriolis Figura 3.**



Figura3. Fotografía tomada en el ambiente instrumentación CIDT-Barrancabermeja.

- **Medidores de caudal de vórtex Figura 4.**



Figura 4. Fotografía tomada en el ambiente instrumentación CIDT-Barrancabermeja.

Estas son algunas de las tecnologías más comunes para la medición de flujo, pero existen muchas otras tecnologías y variantes disponibles, cada una con sus propias características y aplicaciones específicas. La elección de la tecnología adecuada dependerá de los requisitos precisos de medición y las condiciones del

entorno en una aplicación particular.

Esta vigilancia tecnológica nos permitió identificar una variedad de métodos, algunos de los cuales serán implementados en el proyecto que se presenta, por esta razón se pretende implementar este banco pedagógico.

## **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

¿Cómo la creación e implementación de un banco móvil para la verificación de caudalímetros in situ puede optimizar los procesos de mantenimiento y aumentar la confiabilidad y eficacia de los sistemas de instrumentación industrial?

Este proyecto se enfoca en la capacitación y los beneficios que el banco móvil podría traer a los procesos de mantenimiento, y en cómo puede mejorar la confiabilidad y eficacia general de los sistemas de instrumentación industrial.

## **1.2. ANTECEDENTES.**

En el trabajo “Evaluación de la tecnología del medidor de flujo másico tipo Coriolis para gas natural” (CASTELLANOS, F. E. 2006), explican el reporte N° 11 de la Asociación Americana del Gas (AGA), centrados en el objetivo principal de la normativa, luego de acuerdo al reporte del AGA N° 11 y en experiencias obtenidas por fabricantes y usuarios, se documentan las características técnicas del instrumento, además se detallan la teoría del instrumento de medición tipo Coriolis, comenzando con el conocimiento de sus características físicas y el reporte por la Norma AGA N°11, finalmente se presenta una guía de procedimientos para el usuario, de forma sencilla e ilustrativa, que contribuye a orientar al usuario en el conocimiento de aspectos de la tecnología del medidor Coriolis y en su uso adecuado. El documento final presenta el marco teórico y una guía de procedimientos para



el usuario, para adquirir una fundamentación precisa, relativamente rápida y en aspectos como selección, instalación, condiciones de operación, requisitos, calibración, operación, mantenimientos y problemas presentados del medidos de flujo masico tipo Coriolis. (DÍAZ & SOLANO, 2008 ) en el proyecto “Diseño y construcción de un banco para la calibración de medidores de flujo de gas de alto caudal utilizando patrones tipo turbina y rotativo”, desarrollan y validan un banco de calibración que incluye el sistema de tuberías para la conducción de flujo de aire, el sistema generador de flujo, el sistema regulador de flujo, los medidores patrones y un sistema de adquisición de datos en tiempo real el cual presenta una interfaz con la cual el metrólogo opera el banco. Este proyecto fue desarrollado por el Centro de Desarrollo Tecnológico de Gas con el apoyo de Colciencias y la Universidad Industrial de Santander, con el fin de ampliar la infraestructura metrológica existente en Colombia para la calibración de medidores de gas de diámetros entre 3” y 12”, en un alcance entre 32 m<sup>3</sup>/h a 4500 m<sup>3</sup>/h y una incertidumbre de aproximadamente  $\pm 0.3\%$ . Con la construcción del banco se logró fortalecer la infraestructura metrológica nacional en materia de calibración de medidores de gas de alto caudal, aumentando la capacidad de calibración de la Corporación CDT de GAS (actual 500 m<sup>3</sup>/h, alcanzado 4800 m<sup>3</sup>/h). Utilizando herramientas CAD presentan el diseño, permitiendo evaluar alternativas buscando

la mejor respecto a funcionalidad y espacio disponible. (DÍAZ & SOLANO, 2008 ) diseñaron y construyeron el sistema de líneas de flujo de aire cumpliendo con las especificaciones de instalación de los patrones y a su vez las recomendaciones dadas en el reporte AGA 7. (CARREÑO, 2019) a través del proyecto “Mejoramiento del proceso de calibración de medidores de flujo de gas, empleando la campana gasométrica del centro de metrología de fluidos de la corporación CDT de gas”, presenta un estudio enfocado principalmente en el modelo matemático implementado actualmente en los procesos de calibración de volumen de gas, para el cual se desarrolla un análisis a través de la cuantificación en términos de variación del mensurando fracción molar de vapor de agua despreciable en el fluido de calibración efecto despreciable de la película de líquido sellante adherida a la campana. Posteriormente, las mencionadas suposiciones son eliminadas por medio de la definición de un nuevo modelo matemático, incorporado a una herramienta informática para estimación de incertidumbre relativa a la medición de volumen de gas. Cuando las variaciones de presión y temperatura no son significativas en el volumen acumulado, la variación en términos de error no es perceptible, debido que los impactos individuales de las suposiciones involucradas se ven contrarrestados, especialmente entre el efecto de la película de aceite y la humedad en el fluido de calibración.



## 1.3. OBJETIVOS.

### 1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar banco móvil para verificación de caudalímetros in situ.

### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

#### 1.3.2.1. Realizar vigilancia tecnológica sobre sistemas de medición de flujo:

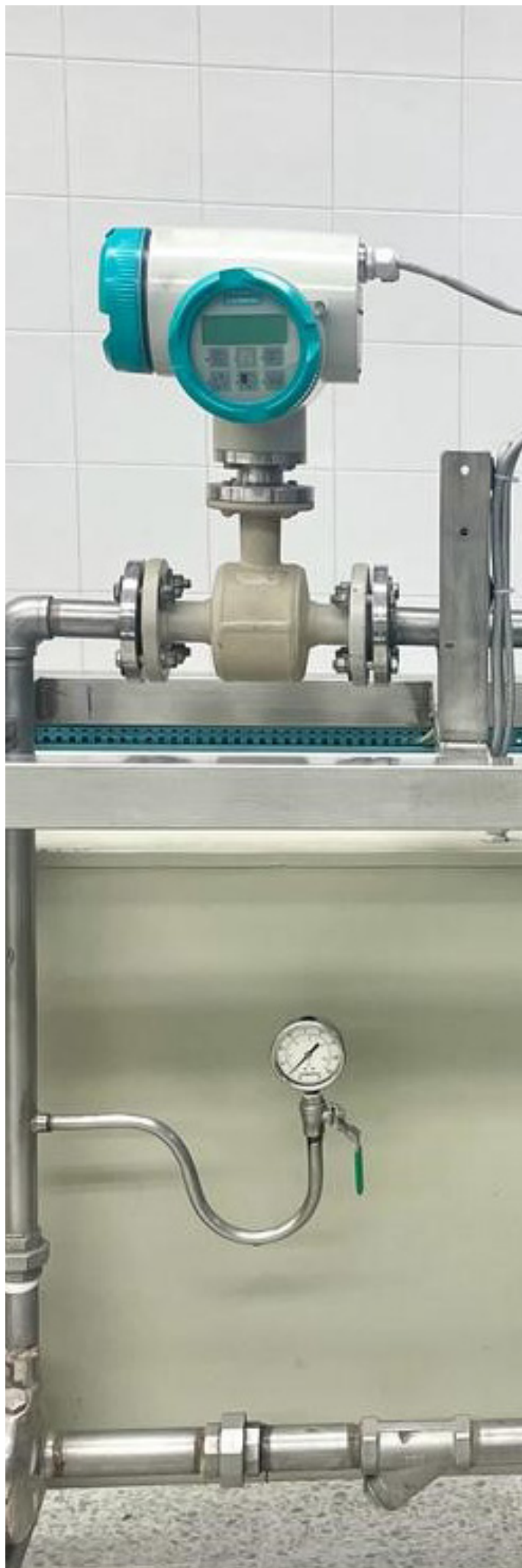
- Realizar la vigilancia tecnológica para identificación de métodos apropiados para la medición de la variable flujo.
- Analizar los resultados de la vigilancia tecnológica a partir del instrumento de recolección de datos.
- Desarrollar un artículo de revisión bibliográfica a partir de la vigilancia tecnológica.

#### 1.3.2.2. Construir banco móvil para la verificación de instrumentos de medición de la variable flujo:

- Diseñar el modelo CAD de la integración de los módulos que conforman el banco móvil de verificación de flujo y su distribución en el ambiente de formación.
- Integrar los módulos que conforma el banco móvil de verificación de instrumentos de medición de la variable flujo.
- Ejecutar las respectivas pruebas de validación al prototipo.

#### 1.3.2.3. Implementar procedimientos de mantenimiento para instrumentos de medición de la variable flujo:

- Documentar los procedimientos para realizar verificación metrológica de los instrumentos de medición de la variable flujo.
- Validar los procedimientos con aprendices de los programas impactados.



## 2. MATERIALES Y MÉTODOS.

El objetivo del proyecto es analizar la tendencia de la investigación y explorar los beneficios que tiene la medición de flujo en la industria, utilizando los diferentes métodos a implementar en este banco móvil para la verificación de caudalímetros in situ, se empleó un análisis bibliográfico para tener en cuenta los diferentes estudios realizados en la medición de flujo y en los diferentes métodos utilizados como lo son método comparativo por medio del dispositivo tipo Coriolis, método gravimétrico por medio de las básculas o celdas de carga y método volumétrico por medio de tanques o equipo tipo serafín, estos datos fueron recolectados por medio de las bases de datos que encontramos en las biblioteca SENA, biblioteca UIS, Google School, Ieee, etc.

Estas bases de datos fueron de acceso libre, por esto pudimos tener acceso a tesis de grados, artículos realizados por diferentes entidades, y revistas, utilizamos también una ecuación de búsqueda la cual nos sirvió para obtener las palabras claves al momento de hacer la búsqueda en las bases de datos. “((Calibración de Flujo OR Tipos de Caudalímetros)) AND (Métodos de Calibración de Flujo industrial) AND (Método comparativo de Calibración de flujo OR Método Volumétrico de Calibración de flujo OR Método Gravimétrico de Calibración de Flujo) AND (Patrones de Calibración de Flujo)”. Al momento de filtrar la información por medio de los años y tipos de documentos con las palabras claves referentes en la industria pudimos observar que hubo una reducción en los resultados iniciales de búsqueda excluyendo así la información referente a medicina y otras ramas que utilizan medición de flujo, también se obtuvo información de los

laboratorios acreditados por la ONAC (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia) y se evidencio por medio de una tabla las diferentes magnitudes que pueden calibrar en cada uno de estos laboratorios cumpliendo las normas según la ONAC para que los equipos a prueba sean certificados y aptos para operarlos.

A continuación, dejaremos ver las distintas tecnologías con las que contamos actualmente en el laboratorio de instrumentación y control de procesos del Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico CIDT Barrancabermeja, los cuales son utilizados para el proceso de formación de los aprendices de diferentes técnicas y tecnologías de este centro, como lo son Operaciones de Plantas Petroquímicas, Instrumentación y Control de Procesos, Automatismos Mecatrónicos, entre otros programas de formación.

El diagrama de flujo de la estrategia de recolección de datos se presenta en la Figura 5.

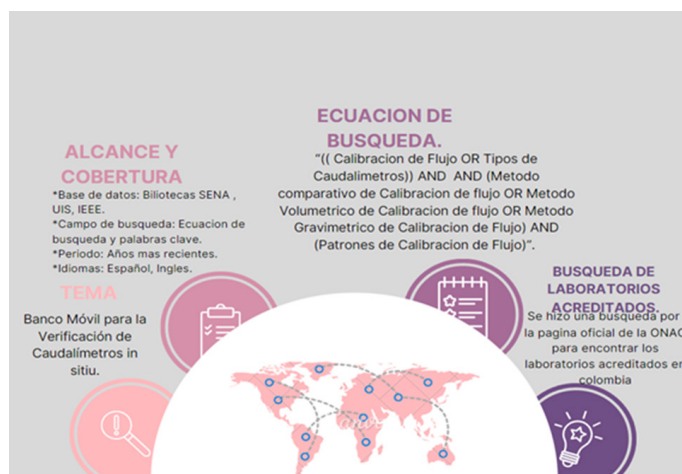


Figura 5. Diagrama de flujo de recolección de datos.

Fuente: Propia autoría.



# 3. DISEÑO METODOLÓGICO.

El presente proyecto de innovación se propone desarrollar mediante una metodología mixta, por medio de la cual se pretende generar herramientas que contribuyan a mejorar las capacidades del sector de instrumentación industrial que aporta con actividades de mantenimiento a la industria del Magdalena Medio. se contará con herramientas de ofimática para la toma y procesamiento de datos del diseño experimental, así como software libre para el modelado y desarrollo del prototipo. Con el fin de lograr este objetivo se trazaron 3 fases las cuales incluyen:

- **Fase1:** Análisis del estado del arte, durante esta primera fase se realizará búsqueda de información en las diferentes bases de datos con que cuenta Biblioteca SENA, dicha información será analizada y plasmada en un artículo de revisión para ser presentado en una revista y/o evento nacional. A continuación, se describe las actividades:
  - Realizar la vigilancia tecnológica para identificación de métodos apropiados para la medición de la variable flujo.
  - Analizar los resultados de la vigilancia tecnológica a partir del instrumento de recolección de datos.
  - Desarrollar un artículo de revisión bibliográfica a partir de la vigilancia tecnológica. Al finalizar la fase de análisis del estado del arte se contará con información relevante y de vanguardia sobre diversos métodos de medición de flujo que serán analizados y recopilados en artículo de revisión para presentar a revista nacional.
- **Fase 2:** Haciendo uso de herramientas computacionales se pretende lograr el diseño y construcción de banco móvil que permita la verificación de instrumentos de medición de la variable flujo. A continuación, se describe las actividades: - Diseñar el modelo CAD de la integración de los módulos que conforman el banco móvil de verificación de flujo y su distribución en el ambiente de formación. - Integrar los módulos que conforma el banco móvil de verificación de instrumentos de medición de la variable flujo. - Ejecutar las respectivas pruebas de validación al prototipo. Al concluir la Fase 2 se contará con un prototipo funcional de banco móvil para la verificación de medidores de flujo validado que permitirá la implementación de procedimientos técnicos que serán desarrollados en la siguiente fase.
- **Fase 3:** Durante esta fase se pretende documentar e implementar procedimientos de técnicos de verificación metrológica para instrumentos de medición de la variable flujo. A continuación, se describe las actividades: - Documentar los procedimientos para realizar verificación metrológica de los instrumentos de medición de la variable flujo. - Validar los procedimientos con aprendices de los programas impactados. A través de las actividades de la Fase 3 se realizarán prácticas de laboratorio con los aprendices durante el desarrollo de las competencias que ofrecen los programas de formación en el área de instrumentación utilizando

procedimientos técnicos para la operación, verificación y documentación de caudalímetros de prueba. Así mismo al finalizar el proyecto se pretende poner a disposición del sector productivo una herramienta que sirva de apoyo en las labores de mantenimiento de instrumentos de medición en la variable flujo.

## 4. DESARROLLO DE CONTENIDOS.

El estudio se limita a la investigación de los diferentes métodos de calibración de Caudalímetros publicada entre 2000 y 2023. El estudio también excluyó la revisión de editoriales y otros documentos además de libros y artículos de flujo en la medicina, para su análisis posterior. En última instancia, el estudio recuperó un total de 49 artículos, revistas y tesis. Aunque la búsqueda se limitó solo a artículos en inglés y en español.

En la búsqueda pudimos encontrar 28 artículos científicos, 3 artículos de investigación, 6 artículos, 5 revistas, 7 tesis de grado, los resultados pro año fueron los siguientes, en el 2000 1 articulo, en el 2001 1 artículo científico, en el 2002 1 artículo científico, en el 2006 1 articulo, en el 2009 2 revistas, en el 2010 1 artículo científico y 1 revista, en el 2011 2 artículos científicos, en el 2012 1 artículo científico y 1 tesis de grado, en el 2013 1 artículo de investigación, en el 2015 1 artículo científico, en el 2017 2 artículos científicos y 2 tesis de grado, en el 2018 1 tesis de grado, en el 2019 3 artículos científicos, 1 tesis de grado y 1 articulo, en el 2020 3 artículos científicos, 1 tesis de grado y 1articulo de investigación, en el 2021 4 artículos científicos, 2 artículos, 1 tesis de grado, 1 revista y 1 artículo de investigación, en el 2022 6 artículos científicos y 1 revista, en el 2023 1 artículo científico y por ultimo no pudimos identificar el año de 2 artículos científicos y 1 articulo.

Las características de años, tipos de documentos, resultados citados, total de resultados y base de datos se muestran en la Tabla 1.

| Tabla 1. Característica y datos. |       |
|----------------------------------|-------|
| CARACTERISTICAS                  | DATOS |
| Años.                            | 17.   |
| Tipo de Documento.               | 5.    |
| Resultados Citados.              | 49.   |
| Base de Datos.                   | 7.    |

Fuente. Propia autoría.

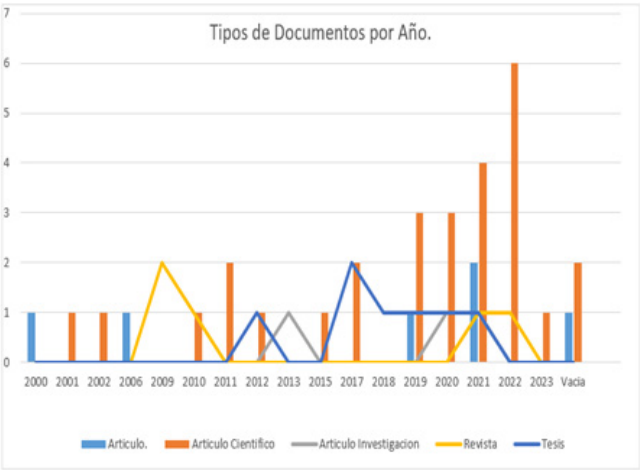
La totalidad de documentos encontrados por años, por base de datos y por tipos de documentos estarán en la siguiente Tabla 2.

| Año de publicación. | Datos. | Base de Datos.       | Datos. | Tipo de Documento          | Datos. |
|---------------------|--------|----------------------|--------|----------------------------|--------|
| 2000.               | 1.     | lee Biblioteca SENA. | 15.    | Articulo.                  | 6.     |
| 2001.               | 1.     | Biblioteca UIS.      | 12.    | Articulo científico.       | 28.    |
| 2002.               | 1.     | Google School.       | 5.     | Artículo de Investigación. | 4.     |
| 2006.               | 1.     | lee.                 | 9.     | Revista.                   | 5.     |
| 2009.               | 2.     | Researchgate.        | 4.     | Tesis de Grado.            | 6.     |
| 2010.               | 2.     | ScienceDirect.       | 4.     |                            |        |
| 2011.               | 2.     |                      |        |                            |        |
| 2012.               | 2.     |                      |        |                            |        |
| 2013.               | 1.     |                      |        |                            |        |
| 2015.               | 1.     |                      |        |                            |        |
| 2017.               | 4.     |                      |        |                            |        |
| 2018.               | 1.     |                      |        |                            |        |
| 2019.               | 5.     |                      |        |                            |        |
| 2020.               | 5.     |                      |        |                            |        |
| 2021.               | 9.     |                      |        |                            |        |
| 2022.               | 7.     |                      |        |                            |        |
| 2023.               | 1.     |                      |        |                            |        |
| Vacia.              | 3.     |                      |        |                            |        |
| Total.              | 49.    | Total.               | 49.    | Total.                     | 49.    |

Tabla 2. Totalidad de Documentos encontrados por año

Fuente: Propia Autoria

En la siguiente grafica se mostrará las publicaciones de los diferentes documentos por año



Grafica 1. Tipos de documentos por año

Fuente: Propia autoría

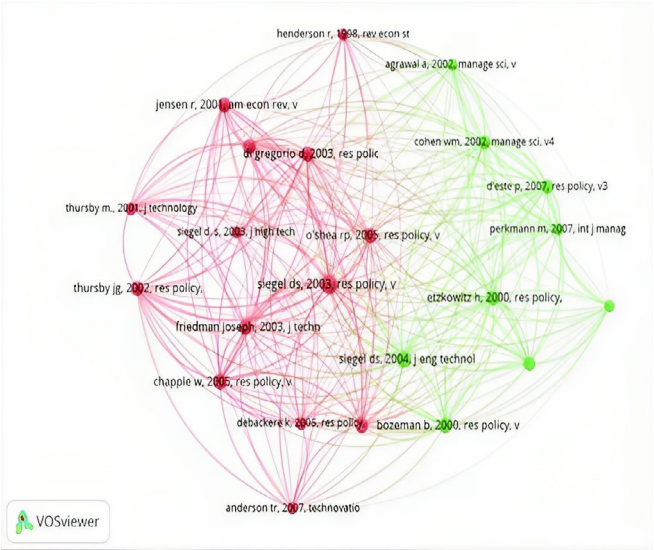


Figura 7.

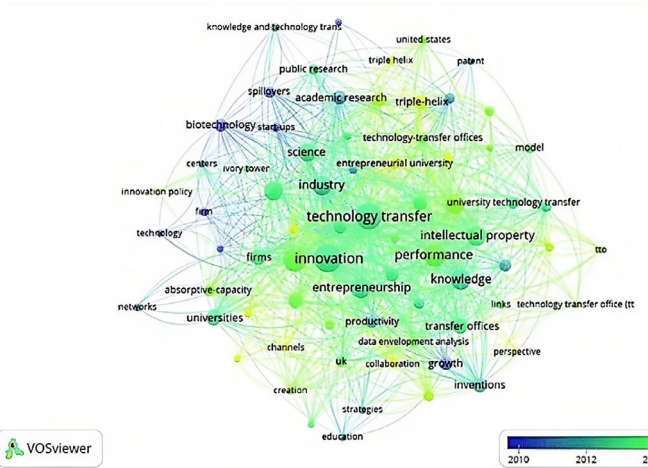


Figura 6.

Figura 6 y Figura 7 son imágenes de la búsqueda por medio del programa VOSViewer utilizando información exportada por Lens.org usando las palabras claves de búsqueda.

Como resultados de la investigación que se realizó y la vigilancia tecnológica, obtuvimos información las tecnologías para medir flujo y cuáles son las más usadas en la industria a nivel internacional, tipo de medidores y comparándolos



con los que tenemos en nuestro laboratorio de instrumentación y control de procesos del SENA (CIDT) Barrancabermeja.

| Tecnología | Condiciones de montaje | Restricciones |             | Clase   | Marca                | Modelo                                                     | Alimentación / Salida                               |
|------------|------------------------|---------------|-------------|---------|----------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|            |                        | Aguas Arriba  | Aguas Abajo |         |                      |                                                            |                                                     |
| Coriolis   | Bridado 1"             | 3"<br>3 Ø     | 3"<br>3 Ø   | 150 LBS | SIEMENS              | Sensor<br>Mass 2100<br><br>Transmisor<br>Mass 6000<br>IP67 | Alimentación:<br>115/230 V AC<br>Salida: 4-20<br>mA |
| Coriolis   | Bridado 2"             | Ninguna       | Ninguna     | 150 PSI | Endress<br>& Hausser | Proline<br>Promass F<br>300                                | Alimentación:<br>85-264 V AC<br>Salida: 4-20<br>mA  |
| Vortex     | Bridado<br>1 1/2"      | 30"<br>20 Ø   | 3.3"<br>5 Ø | 150 LBS | SIEMENS              | SITRANS FX<br>300                                          | Alimentación:<br>30 V<br>Salida: 4-20<br>mA         |

## Conclusiones

En conclusión, la investigación destaca la variedad de métodos para medir el flujo, subrayando la importancia de elegir el caudalímetro adecuado según factores como el tipo de fluido, el rango de caudal y la precisión requerida. Se mencionan métodos comunes, como medidores de desplazamiento positivo, electromagnéticos, ultrasónicos, de turbina, Coriolis, volumétricos y gravimétricos.

La calibración es esencial para garantizar la precisión y confiabilidad de los dispositivos de medición de flujo. Se describen dos métodos: la calibración In situ, que implica la comparación directa con un equipo patrón mientras está en funcionamiento, y la calibración en laboratorio, que se realiza fuera de campo con equipos patrones altamente precisos. Estos procesos aseguran mediciones más precisas y confiables, cumpliendo con regulaciones y optimizando la eficiencia operativa.

La Organización Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) desempeña un papel crucial al proporcionar garantía y calidad en las mediciones de caudal en el país. Se mencionan cuatro laboratorios acreditados por la ONAC como referentes para la implementación de tecnologías. Además, se destaca la contribución de tesis de grado en la vigilancia tecnológica durante la investigación.

Se consideran las restricciones mecánicas de las tecnologías encontradas en el ambiente de formación del CIDT Barrancabermeja para garantizar el correcto funcionamiento de los instrumentos en el proyecto. En conjunto, el estudio aborda de manera integral la selección, calibración y aplicación de tecnologías de medición de flujo, resaltando la importancia de la adaptación local y la calidad en el proceso de implementación.

# REFERENCIAS

- “SOLANO F. & ABRIL H. (2006). EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL MEDIDOR DE FLUJO MÁSIKO TIPO CORIOLIS PARA GAS NATURAL. Monografía para optar el título de Especialista en Ingeniería de Gas
- UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER]. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2006/120224.pdf>.”
- MANTILLA W. & RUGELES J.. (2012). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO PARA CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE CAUDAL TIPO CORIOLIS POR EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO ESTÁTICO. [Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Mecánico, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER]. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2012/146797.pdf>.
- LOZA D. & RIOS E.. (2011). VALIDACIÓN DEL USO DE LOS MEDIDORES DE FLUJO MÁSIKO TIPO CORIOLIS COMO PATRONES DE REFERENCIA EN APLICACIONES DE TRANSFERENCIA DE CUSTODIA. [Artículo, CENTRO NACIONAL DE METROLOGIA (CENAM)]. [https://www.cdtdegas.com/images/Descargas/Nuestra\\_revista/MetFlu8/4\\_Validacion\\_Medidores\\_de\\_Flujo\\_Masico\\_tipo\\_coriolis.pdf](https://www.cdtdegas.com/images/Descargas/Nuestra_revista/MetFlu8/4_Validacion_Medidores_de_Flujo_Masico_tipo_coriolis.pdf).
- ISO (Organización Internacional de Normalización). (1993). Medición del caudal de líquido en conductos cerrados - Pesaje método. [Tesis doctoral o de maestría, ISO]. [https://kupdf.net/download/iso-4185-1980-\\_59bbec1f08bbc59309686e7a\\_pdf](https://kupdf.net/download/iso-4185-1980-_59bbec1f08bbc59309686e7a_pdf).
- LATORRE A. & MANTILLA J. (2012). DISEÑO DE UN BANCO DE ENSAYO PARA LA MEDICION DE FLUJO DE AGUA BASADO EN LA NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 1063. [Proyecto de grado, UNIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA]. [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3226/digital\\_24713.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3226/digital_24713.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- CORDOVA M. & VELASQUEZ D. (2008). INSTALACION Y MONTAJE DE UN BANCO DE PRUEBAS DE CAUDAL, PARA EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACION DE LA FACULTAD DE MECANICA. [Tesis de grado, ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO]. <https://core.ac.uk/download/pdf/234590062.pdf>.
- VAZQUEZ I. & ANAYA I... (2016). ESTUDIO DEL EMPLEO DE MEDIDORES DE FLUJO MASICO POR EFECTO CORIOLIS, INSTALADOS EN LA C.T. FRANCISCO PEREZ RIOS. [Tesis para obtener el título de ingeniera química, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO]. <http://132.248.9.195/ptd2016/agosto/0748295/0748295.pdf>.
- VESAGHATI M. & NAVAZI HM. (2023). EFECTOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO EN EL CAMBIO DE FASE DE UN FLUIDO TRANSPORTADOR DE DOBLE TUBO EN EL CAUDALIMETRO MASICO CORIOLIS... SCIENCE DIRECT. <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/science/article/pii/S0889974623000312>
- PUSHNOV A. (2013). MEDICIÓN DEL CAUDAL DE UN FLUJO BIFÁSICO MEDIANTE UN CAUDALÍMETRO CORIOLIS. SPRINGER LINK. <https://link-springer-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/article/10.1007/s11018-013-0221-2>
- Michalski, “Procedimiento de calibración en seco del caudalímetro electromagnético para canales abiertos”, en IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 49, núm. 2, págs. 434-438, abril de 2000, doi: 10.1109/19.843092. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=843092&isnumber=18263>

- Seminario IEE sobre instrumentos inteligentes y autovalidantes - Sensores y actuadores (Ref. nº 2001/179)
- [https://www.researchgate.net/publication/228691700\\_TRAZABILIDAD\\_E\\_INCERTIDUMBRE\\_EN\\_LAS\\_MEDICIONES\\_DE\\_FLUJO\\_DE\\_HIDROCARBUROS](https://www.researchgate.net/publication/228691700_TRAZABILIDAD_E_INCERTIDUMBRE_EN_LAS_MEDICIONES_DE_FLUJO_DE_HIDROCARBUROS)
- K. Kolahi, T. Schroder y H. Rock, “Medición de densidad basada en modelos con caudalímetro Coriolis”, en IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 55, núm. 4, págs. 1258-1262, agosto de 2006, doi: 10.1109/TIM.2006.877719. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1658380&isnumber=34720>
- M. Pereira, “Medidores de flujo: Parte 1”, en IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, vol. 12, núm. 1, págs. 18-26, febrero de 2009, doi: 10.1109/MIM.2009.4762948. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4762948&isnumber=4762936>
- M. Pereira, “Tutorial 20: caudalímetros: parte 2 - Parte 20 de una serie de tutoriales sobre instrumentación y medición”, en IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, vol. 12, núm. 3, págs. 21-27, junio de 2009, doi: 10.1109/MIM.2009.5054549. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5054549&isnumber=5054537>
- Actas de la Conferencia de Tecnología de Medición e Instrumentación IEEE de 2010, Austin, TX, EE. UU., 2010, págs. 775-778, doi: 10.1109/IMTC.2010.5488001. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5488001&isnumber=5487988>
- Actas de la Conferencia IEEE 2010 sobre Tecnología de Instrumentación y Medición
- Conferencia internacional sobre ingeniería eléctrica y de control de 2011, Yichang, China, 2011, págs. 4674-4677, doi: 10.1109/ICECENG.2011.6057134. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6057134&isnumber=6056741>
- “Flow Measurement and Instrumentation, Volume 30,2013, Pages 112-122, ISSN 0955-5986, <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2013.01.003>.(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955598613000095>)”
- Apaceiro, M. H., Labrador, Y. C. L., & Ramos, R. I. (2017). Calibración de los flujómetros patrones del Laboratorio de Calibración de Flujómetros para Combustibles Claros de CUPET. Boletín Científico Técnico INIMET, (2), 22-30.
- <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/2200>
- IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL, VOL. 64, NO. 1, ENERO 2017
- Ibáñez, A., & Juan, B. (2017). Banco de contrastación de flujómetros. <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/3377>
- Conferencia de control chino (CCC) de 2019, Guangzhou, China, 2019, págs. 7069-7074, doi: 10.23919/ChiCC.2019.8866150. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8866150&isnumber=8865119>
- IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, vol. 22, núm. 2, págs. 62-66, abril de 2019, doi: 10.1109/MIM.2019.8674638. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8674638&isnumber=8674619>
- “ISA Transactions, Volume 90, 2019, Pages 311-318, ISSN 0019-0578, <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2019.01.007>.



- (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019057819300084>)”
- C. Ding, Y. Zhu, L. Liu, C. Tong y J. Ruan, “Investigación sobre un caudalímetro novedoso con pistones bidimensionales paralelos como unidades de medición”, en IEEE Access, vol. 7, págs. 110912-110927, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2933662. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8790679&isnumber=8600701>
- exposición internacional sobre ingeniería eléctrica y energética (EPE) de 2020, Iasi, Rumania, 2020, págs. 134 -137, doi: 10.1109/EPE50722.2020.9305572. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9305572&isnumber=9305023>
- “Flow Measurement and Instrumentation, Volume 76, 2020, 101815, ISSN 0955-5986,
- <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2020.101815>.
- (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955598620301564>)”
- IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 70, págs. 1-13, 2021, art. 7504613, doi: 10.1109/TIM.2021.3126366. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9609098&isnumber=9259274>
- IEEE Sensors Journal, vol. 21, núm. 7, págs. 9288-9299, 1 de abril de 2021, doi: 10.1109/JSEN.2021.3051329. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9321496&isnumber=9370028>
- <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21385>
- [https://www.researchgate.net/publication/355091670\\_Calibracion\\_de\\_toberas\\_de\\_flujo\\_critico\\_por\\_metodo\\_volumetrico\\_Cd](https://www.researchgate.net/publication/355091670_Calibracion_de_toberas_de_flujo_critico_por_metodo_volumetrico_Cd)
- IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, VOL. 70, 2021
- “Measurement: Sensors, Volume 18, 2021, 100321, ISSN 2665-9174,
- <https://doi.org/10.1016/j.measen.2021.100321>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665917421002841>)”
- I. De Souza et al., “Calibración de un medidor de flujo volumétrico basado en turbina criogénica (CTVFM) usando nitrógeno líquido subenfriado y solución para sus problemas prácticos”, en IEEE Sensors Journal, vol. 21, núm. 10, págs. 12077-12083, 15 de mayo de 2021, doi: 10.1109/JSEN.2021.3065309. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9374981&isnumber=9408328>
- H. Yang, L. Zhang, L. Li, H. Liang y J. Zou, “Análisis de errores y método de calibración de precisión del caudalímetro másico Coriolis de tubo en U bajo flujo pulsante”, en IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 70, págs. 1-13, 2021, art. 7504613, doi: 10.1109/TIM.2021.3126366. <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.sena.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9609098&isnumber=9259274>
- J. Zhang, Y. Yan, J. Liu y E. Jukes, “Detección temprana del desgaste de los caudalímetros de Coriolis a través del diagnóstico de rigidez in situ”, en IEEE
- Badger Meter. (2020). Medidores de flujo: ¿qué son y cómo funcionan?. Badger Meter. 50. <https://www.badgermeter.com/es-es/blog-es-es/medidores-de-flujo-que-son-y-como-funcionan/>
- Hart. (2021). Manual de instrucciones Proline Promass F 300. Hart. [https://bdi-hprod-assetcentralapi-assetcentral-restsrv.cfapps.eu10.hana.ondemand.com/files/DLA/005056A500261EDBA7A0273589313299/BA01485DES\\_0421.pdf](https://bdi-hprod-assetcentralapi-assetcentral-restsrv.cfapps.eu10.hana.ondemand.com/files/DLA/005056A500261EDBA7A0273589313299/BA01485DES_0421.pdf)

- Honeywell. (2011). ST 3000 Smart Pressure Transmitter Quick Start Installation Guide. Honeywell. <http://www.accontrols.com/assets/docs/Honeywell%20Process%20Solutions/3.14%20Legacy%20Transmitters/3.13.1%20Honeywell%20Transmitters/ST300%20Pressure%20Transmitter%20Quick%20Start%20Guide.pdf>
- Honeywell. (2009). Transmisor Inteligente ST 3000 Versión 300 con Opciones de comunicación HART® Manual de seguridad. Honeywell. <https://www.motherwell.net.au/wp-content/uploads/2019/02/34-ST-25-31-SP.pdf>
- Endress and Hauser. (2016). Technical Information Proline Promass F 300 Coriolis flowmeter. Portal Endress. [https://portal.endress.com/wa001/dla/5001053/2742/000/01/TI01221DEN\\_0216.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5001053/2742/000/01/TI01221DEN_0216.pdf)
- Siemens. (2010). Caudalímetros Coriolis SITRANS F C MASS 2100 Di 3-40. Siemens. [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/364/45027364/att\\_30501/v1/MASS2100\\_3-40\\_OI\\_Es-es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/364/45027364/att_30501/v1/MASS2100_3-40_OI_Es-es-ES.pdf)
- Siemens. (2012). SITRANS F Vortex flowmeters SITRANS FX300. Siemens. [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/895/29648895/att\\_78023/v1/MA\\_Siemens\\_Sitrans\\_FX300\\_R07\\_en.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/895/29648895/att_78023/v1/MA_Siemens_Sitrans_FX300_R07_en.pdf)
- Siemens. (2016). SITRANS F Caudalímetros electromagnéticos Transmisor MAG 6000 I / MAG 6000 I Ex de. Siemens. [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/971/109485971/att\\_890726/v1/A5E38052951-AA\\_MAG\\_6000\\_I\\_OI\\_es\\_04-2016.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/971/109485971/att_890726/v1/A5E38052951-AA_MAG_6000_I_OI_es_04-2016.pdf)





# MOBILE BENCH

**FOR ON-SITE VERIFICATION OF FLOWMETERS AS A SUPPORT STRATEGY FOR THE INDUSTRIAL INSTRUMENTATION SYSTEMS MAINTENANCE SECTOR.**

**CRISTHIAM LEONARDO HIGUERA**

**WILMER ALEXANDER SALINAS**

**EMERSON PAOLO VILLA**

*Instructor, Sena CDT*

*clhiguerar@sena.edu.co, wsalinas@sena.edu.co, evilla@sena.edu.co*

*Barrancabermeja.*

## INTRODUCCIÓN.

In the OIL & GAS industry, accurate flow measurement is essential to ensure quality and safety in operations. To accomplish this task, various measurement methods are used, each with its own characteristics and advantages.

There are various technologies for flow measurement in industrial and scientific applications. Each technology has its own advantages and disadvantages, and the choice of the appropriate technology depends on factors

such as the type of fluid, flow range, required accuracy and environmental conditions.

Currently in the industrial and technological development center CDT Barrancabermeja we have some of these technologies, which we are going to implement in the bench to know how efficient they are in the process of measurement and calibration of instruments for flow, some of them are:



- \* Electromagnetic flow meters



Figure 1. Photograph taken in the CIDT-Barrancabermeja instrumentation environment.

- Orifice plate flow meters



Figure2. Photograph taken in the CIDT-Barrancabermeja instrumentation environment.

- Coriolis effect flow meters



Figure 3. Photograph taken in the CIDT-Barrancabermeja instrumentation environment.

- **Vortex flow meters**



Figure 4. Photograph taken in the CIDT-Barrancabermeja instrumentation environment.

These are some of the most common conditions in a particular application. technologies for flow measurement, but there are many other technologies and variants available, each with its own specific characteristics and applications. The choice of the appropriate technology will depend on the precise measurement requirements and environmental

This technology watch allowed us to identify a variety of methods, some of which will be implemented in the project presented, which is why we intend to implement this pedagogical bench.

## **1.1. PROBLEM STATEMENT.**

How can the creation and implementation of a mobile bench for on-site flowmeter verification optimize maintenance processes and increase the reliability and efficiency of industrial instrumentation systems?

This project focuses on the training and benefits that the mobile bench could bring to maintenance processes, and how it can improve the overall reliability and efficiency of industrial instrumentation systems.

## **1.2. BACKGROUND.**

In the work “Evaluation of the technology of the Coriolis type mass flow meter for natural gas” (CASTELLANOS, F. E. 2006), they explain the report N° 11 of the American Gas Association (AGA), focusing on the main objective of the regulation, then according to the report of the AGA N° 11 and in experiences obtained by manufacturers and users, the technical characteristics of the instrument are documented, in addition the theory of the Coriolis type measuring instrument is detailed, starting with the knowledge of its physical characteristics and the report by the AGA Norm N° 11, finally a guide of procedures for the user is presented, in a simple and illustrative way, that contributes to orient the user in the knowledge of the physical characteristics and the report by the AGA Norm N° 11, finally a guide of procedures for the user is presented, in a simple and illustrative way, that

contributes to orient the user in the knowledge of the physical characteristics of the Coriolis type mass flow meter for natural gas. Finally, a simple and illustrative guide of procedures for the user is presented, which contributes to orient the user in the knowledge of aspects of the Coriolis meter technology and in its adequate use. The final document presents the theoretical framework and a guide of procedures for the user, to acquire a precise and relatively fast foundation in aspects such as selection, installation, operating conditions, requirements, calibration, operation, maintenance and problems presented by the Coriolis type mass flow meters. (DÍAZ & SOLANO, 2008) in the project “Design and construction of a bench for the calibration of high flow gas flow meters using turbine and rotary standards”, develop and validate a calibration bench that includes the piping system for the conduction of air flow, the flow generator system, the flow regulator system, the standard meters and a real time data acquisition system which presents an interface with which the metrologist operates the bench. This project was developed by the Gas Technology Development Technological Development Center with the support of Colciencias and the Industrial University of Santander, in order to expand the existing metrological infrastructure in Colombia for the calibration of gas meters with diameters between 3” and 12”, in a range between 32 m<sup>3</sup> /h to 4500 m<sup>3</sup> /h and an uncertainty of approximately  $\pm 0.3$  %. With the construction of the bench it was possible to strengthen the national metrological infrastructure for the calibration of high flow gas meters, increasing

the calibration capacity of the Corporación CDT de GAS (current 500 m<sup>3</sup>/h, reaching 4800 m<sup>3</sup>/h). Using CAD tools, they presented the design, allowing to evaluate alternatives looking for the best in terms of functionality and available space. (DÍAZ & SOLANO, 2008) designed and installation of the standards and the recommendations given in the AGA 7 report (CARREÑO, 2019).

(CARREÑO, 2019) through the project “Improvement of the calibration process of gas flow meters, using the gasometric bell of the fluid metrology center of the CDT gas corporation”, presents a study focused mainly on the gas flow meters, using the gasometric bell of the fluid metrology center of the gas CDT corporation”, presents a study focused mainly on the mathematical model currently implemented in the gas volume calibration processes, for which an analysis is developed through the quantification in terms of variation of the measurand mole fraction of negligible water vapor in the calibration fluid negligible effect of the sealing liquid film adhered to the bell. Subsequently, these assumptions are eliminated by defining a new mathematical model, incorporated into a computer tool for uncertainty estimation related to gas volume measurement. When pressure and temperature. When pressure and temperature variations are not significant in the accumulated volume, the variation in terms of error is not perceptible, because the individual impacts of the assumptions involved are counterbalanced, especially between the effect of the oil film and the moisture in the calibration fluid.





## 1.3. OBJECTIVES.

### 1.3.1. GENERAL OBJECTIVE.

To develop a mobile bench for in situ verification of flowmeters.

### 1.3.2 SPECIFIC OBJECTIVES.

#### 1.3.2.1. To perform technological surveillance on flow measurement systems:

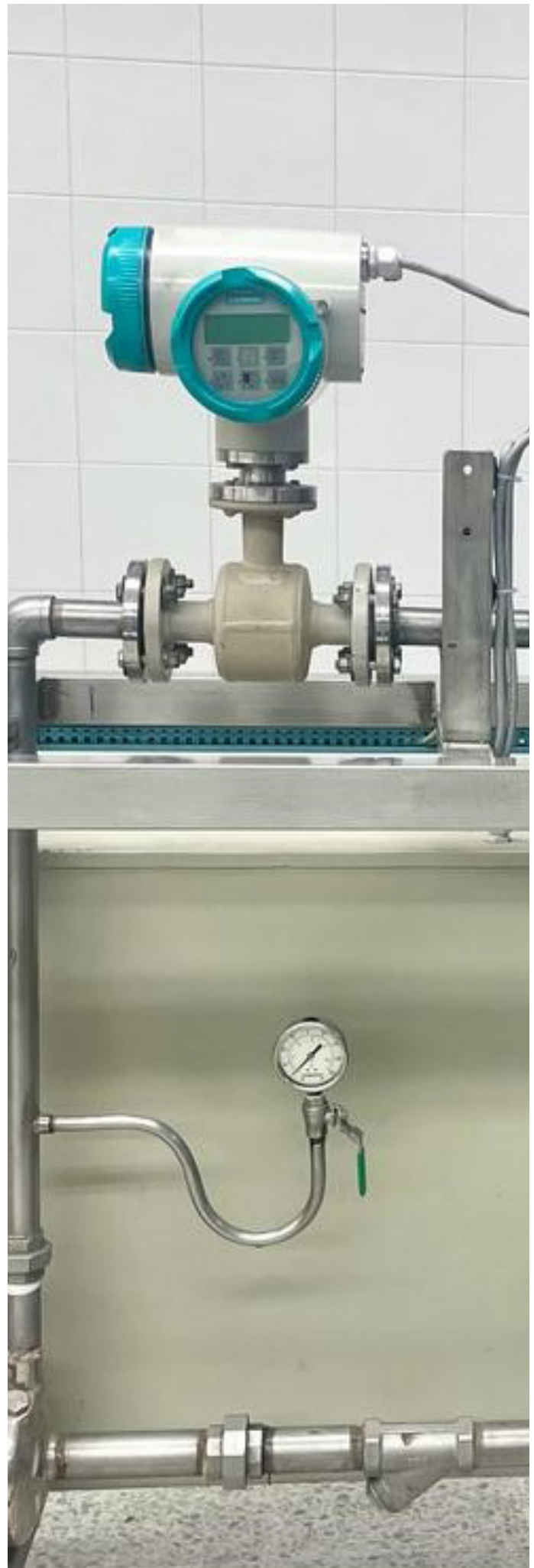
- Conduct technology watch to identify appropriate methods for the measurement of the flow variable.
- Analyze the results of the technology watch based on the data collection instrument.
- Develop a literature review article based on the technology watch.

#### 1.3.2.3. To build a mobile bench for the verification of instruments for measuring the flow variable:

- Design the CAD model of the integration of the modules that make up the mobile flow verification bench and its distribution in the training environment.
- Integrate the modules that make up the mobile bench for the verification of flow measurement instruments.
- Execute the respective validation tests to the prototype.

#### 1.3.2.3. Implement maintenance procedures for flow variable measurement instruments:

- Document procedures for metrological verification of flow variable measurement instruments.
- Validate the procedures with trainees of the impacted programs.



## 2. MATERIALS AND METHODS.

The objective of the project is to analyze the research trend and explore the benefits of flow measurement in the industry, using the different methods to be implemented in this mobile bench for the verification of flowmeters on site, a bibliographic analysis was used to take into account the different studies carried out in flow measurement and the different methods used such as the comparative method by means of the Coriolis type device, the gravimetric method by means of scales or load cells and the volumetric method by means of tanks or seraphim type equipment, gravimetric method by means of scales or load cells and volumetric method by means of tanks or seraphim type equipment, these data were collected by means of the databases found in the SENA library, UIS library, Google School, Ieee, etc.

These databases were of free access, for this reason we could have access to thesis of degrees, articles made by different entities, and magazines, we also used a search equation which served us to obtain the key words at the moment of making the search in the databases. "(Flow Calibration OR Types of Flowmeters) AND (Industrial Flow Calibration Methods) AND (Comparative Flow Calibration Method OR Volumetric Flow Calibration Method) OR Gravimetric Flow Calibration Method) When filtering the information by years and types of documents with the keywords referring to the industry we could see that there was a reduction in the initial search results thus excluding information relating to medicine and other branches that use flow measurement, we also obtained information from the laboratories accredited by the ONAC (National Accreditation

Body of Colombia) and was evidenced by a table the different magnitudes that can calibrate in each of these laboratories meeting the standards according to the ONAC so that the equipment to be tested are certified and suitable to operate them. Next, we will show the different technologies that we currently have in the instrumentation and process control laboratory of the Industrial and Technological Development Center CIDT Barrancabermeja, which are used for the training process of the apprentices of different techniques and technologies of

different techniques and technologies of this center, such as Petrochemical Plant Operations, Instrumentation and Process Control, Instrumentation and Control of Processes and Process Control of Petrochemical Plants, Mechatronic Automation, among other training programs.

The flow chart of the data collection strategy is presented in Figure 5.

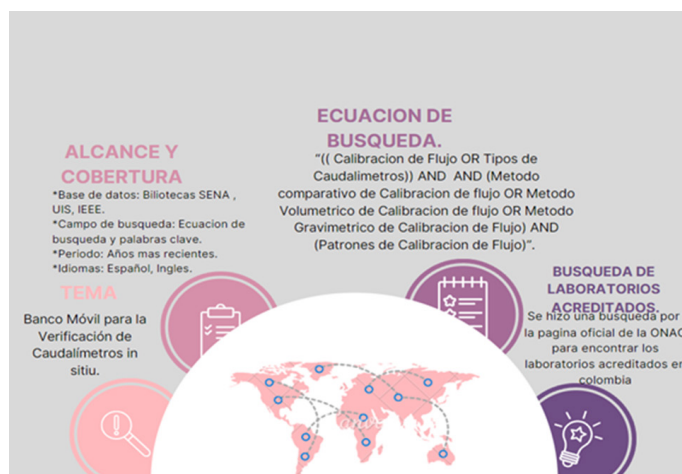


Figure 5. Data collection flow chart.

Source: Own authorship.

# 3. METHODOLOGICAL DESIGN.

- **Phase 1:** Analysis of the state of the art, during this first phase information will be searched in the different databases available in the SENA Library, this information will be analyzed and included in a review article to be presented in a magazine and/or national event. The activities are described below: - Conduct technological surveillance to identify appropriate methods for measuring the flow variable. - Analyze the results of the technology watch based on the data collection instrument. - Develop a literature review article based on the technology watch. At the end of the state of the art analysis phase, there will be relevant and state-of-the-art information on various flow measurement methods that will be analyzed and compiled in a review article to be submitted to a national journal.
- **Phase 2:** Using computational tools, we intend to design and build a mobile bench that will allow the verification of flow measurement instruments. The activities are described below: - Design the CAD model of the integration of the modules that make up the mobile flow verification bench and its distribution in the training environment. - Integrate the modules that make up the mobile bench for the verification of flow measurement instruments. - Execute the respective validation tests to the prototype. At the end of Phase 2, there will be a functional prototype of a validated mobile bench for flow meter verification that will allow the implementation of technical procedures that will be developed in the next phase.
- **Phase 3:** During this phase it is intended to document and implement procedures for metrological verification technicians for measuring instruments of the flow variable. The activities are described below: - Document the procedures to perform metrological verification of flow variable measuring instruments. - Validate the procedures with trainees of the impacted programs. Through the activities of Phase 3, laboratory practices will be carried out with the apprentices during the development of the competencies offered by the training programs in the instrumentation area using technical procedures for the operation, verification and documentation of test flowmeters. Likewise, at the end of the project, a tool will be made available to the productive sector to support the maintenance of flow measurement instruments.





# 4. CONTENT DEVELOPMENT.

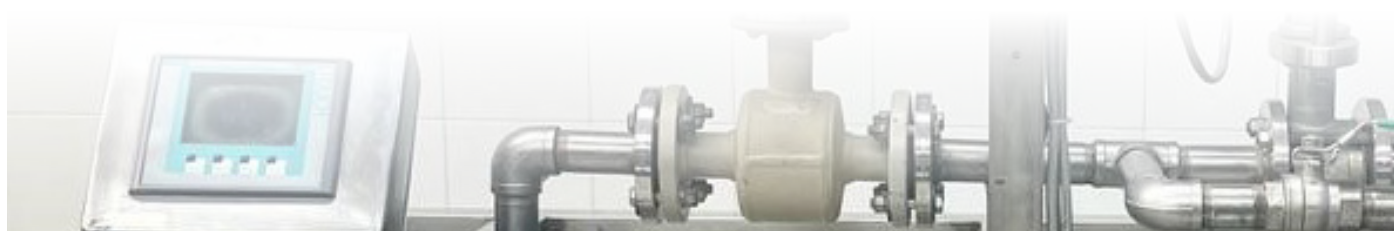
The study was limited to research on different methods of calibrating flowmeters published between 2000 and 2023. The study also excluded the review of editorials and other papers in addition to books and articles on flow in medicine for further analysis. Ultimately, the study retrieved a total of 49 articles, journals, and theses. Although the search was limited to articles in English and Spanish only.

In the search we were able to find 28 scientific articles, 3 research articles, 6 articles, 5 journals, 7 graduate theses, the results pro year were as follows, in 2000 1 article, in 2001 1 scientific article, in 2002 1 scientific article, in 2006 1 article, in 2009 2 journals, in 2010 1 scientific article and 1 journal, in 2011 2 scientific articles, in 2012 1 scientific article and 1 graduate thesis, in 2013 1 research article, in 2015 1 scientific article, in 2017 2 scientific articles and 2 degree thesis, in 2018 1 degree thesis, in 2019 3 scientific articles, 1 degree thesis and 1 article, in 2020 3 scientific articles, 1 degree thesis and 1 research article, in 2021 4 scientific articles, 2 articles, 1 degree thesis, 1 journal and 1 research article, in 2022 6 scientific articles and 1 journal, in 2023 1 scientific article and finally we could not identify the year of 2 scientific articles and 1 article.

The characteristics of years, types of documents, results cited, total results and database are shown in Table 1.

| Table 1. Characteristics and data. |      |
|------------------------------------|------|
| CHARACTERISTICS                    | DATA |
| Years.                             | 17.  |
| Type of Document.                  | 5.   |
| Results Cited.                     | 49.  |
| Database.                          | 7.   |

Source. Authorship.





we have in our laboratory of instrumentation and process control of SENA (CIDT) Barrancabermeja.

| Technologies | Installation conditions | Restrictions |             | Class   | Brand                | Model                                                       | PWR / Out                           |
|--------------|-------------------------|--------------|-------------|---------|----------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|              |                         | Upstream     | Downstream  |         |                      |                                                             |                                     |
| Coriolis     | Bridado 1"              | 3"<br>3 Ø    | 3"<br>3 Ø   | 150 LBS | SIEMENS              | Sensor<br>Mass 2100<br><br>Transmisior<br>Mass 6000<br>IP67 | PWR:115/230<br>V AC<br>Out: 4-20 mA |
| Coriolis     | Bridado 2"              | Ninguna      | Ninguna     | 150 PSI | Endress<br>& Hausser | Proline<br>Promass F<br>300                                 | PWR: 85-264<br>V AC<br>Out: 4-20 mA |
| Vortex       | Bridado<br>1 ½"         | 30"<br>20 Ø  | 3.3"<br>5 Ø | 150 LBS | SIEMENS              | SITRANS FX<br>300                                           | PWR: 30 V<br>Out: 4-20 mA           |

## Conclusions

In conclusion, the research highlights the variety of methods to measure flow, underlining the importance of choosing the right flowmeter according to factors such as the type of fluid, the flow range and the required accuracy. Common methods are mentioned, such as positive displacement, electromagnetic, ultrasonic, turbine, Coriolis, volumetric and gravimetric meters.

Calibration is essential to ensure the accuracy and reliability of flow measurement devices. Two methods are described: in-situ calibration, which involves direct comparison with a standard equipment while in operation, and laboratory calibration, which is performed off-site with highly accurate standard equipment. These processes ensure more accurate and reliable measurements, complying with regulations and optimizing operational efficiency.

The National Accreditation Organization of Colombia (ONAC) plays a crucial role in providing assurance and quality in flow measurements in the country. Four laboratories accredited by ONAC are mentioned as references for the implementation of technologies. In addition, the contribution of graduate theses in technological surveillance during the research is highlighted.

The mechanical restrictions of the technologies found in the training environment of CIDT Barrancabermeja are considered to guarantee the correct operation of the instruments in the project. Overall, the study comprehensively addresses the selection, calibration and application of flow measurement technologies, highlighting the importance of local adaptation and quality in the implementation process.





# SISTEMA PILOTO

**AUTOMATIZADO PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS UTILIZANDO LA ENERGÍA SOLAR EN CURITÍ SANTANDER**

*Tnlgo., Técn. Cristhian Ferney Rueda Torres, Aprendiz SENA,  
crisferrue@gmail.com*

*MSc., Esp., Ing. Nicolás Javier Rincón Sánchez, Instructor SENNOVA SENA,  
nrincons@sena.edu.co  
Centro Agroturístico Regional Santander*

**Cristhian Ferney Rueda Torres:** Técnico en implementación y mantenimiento de equipos electrónicos industriales, Tecnólogo en electrónica, investigador del semillero BIOMECA, SENA, Centro Agroturístico. Regional Santander, emprendedor y comercializador de productos artesanales.

**Nicolás Javier Rincón Sánchez :** Ingeniero Mecatrónico Cum Laude (UNAB), Especialista en Automatización Industrial (USTA), Magister en Gestión y Dirección de proyectos (USTA), Instructor SENNOVA del Centro Agroturístico SENA. Líder del Grupo de investigación en Tecnología, Innovación y Pedagogía Manuela Beltrán (GITIP – MB), líder del semillero de investigación BIOMECA. Experiencia en gestión, desarrollo, formulación y ejecución de proyectos de investigación, desarrollo e innovación tecnológica. Experiencia en diseño, simulación, ingeniería inversa, prototipado 2D y 3D, automatización e instrumentación industrial. Ejecución de proyectos en las áreas de procesos de manufactura, automatización e instrumentación industrial. Planeación estratégica, coordinación y ejecución de programas de mantenimiento.

# Resumen

El consumo energético se ha ido incrementando año tras año, esto es un indicador directo del desarrollo económico e industrial del país, donde a medida que aumenta la calidad de vida, aumenta el gasto energético para producir bienes y servicios; Según la Red de Política de Energía Renovable para el Siglo XXI - REN21 (2021, p.1) el 80% de las necesidades energéticas a nivel mundial son sostenidas por los combustibles fósiles, a su vez existen sectores de población que no pueden acceder a servicios de gas y electricidad por lo que recurren al uso de leña y carbón para la cocción de alimentos, generando impactos negativos en el ambiente. La organización mundial de la salud OMS (2022), indica que se ha calculado que, en 2020, esta contaminación del aire doméstico causó 3,2 millones de defunciones, entre ellas 237.000 de niños menores de 5 años. Es por lo anterior que el objetivo principal de este proyecto era generar una alternativa tecnológica que usara la energía solar, planteando el desarrollo de un sistema piloto automatizado como una alternativa eficiente en el proceso de cocción de alimentos como una solución a la necesidad del Hotel Villa Lucy del municipio de Curití. Para la elaboración de este prototipo se efectuaron varias fases, en donde una de ella fue la recolección de datos a través de fuentes primarias, por medio de la observación de campo y secundarias por medio de vigilancia tecnológica, encontrando experiencias de los habitantes de sitios rurales, zonas no intercomunicadas o de poco acceso a servicios públicos; recopilando información para la elaboración de bosquejos conceptuales, diseños CAD y electrónico, buscando maximizar los aspectos principales como estructura, los materiales con los que se fabricó y sus componentes electrónicos, con el desarrollo del prototipo se efectuó su fase final que fue realizar

pruebas de funcionamiento del dispositivo evidenciando la eficiencia al momento de realizar el proceso de cocción de alimentos, a su vez su sistema de control permitió que no fuera necesario la intervención del usuario durante su proceso; ya que se encargó del seguimiento solar, garantizando una excelente concentración del calor cumpliendo con los requerimientos de temperatura, convirtiéndose en una alternativa viable de solución.

**Palabras clave:** Cocina Solar, Energía Solar, Automatización, seguimiento solar, diseño mecánico.





# Abstract

Energy consumption has been increasing year after year, this is a direct indicator of the economic and industrial development of the country, where as the quality of life increases, energy expenditure increases to produce goods and services; According to Renewable Energy Policy Network for the 21st Century - REN21 (2021, p.1) 80% of the world's energy needs are sustained by fossil fuels, in turn there are sectors of the population that cannot access gas and electricity services, so they use firewood and coal for cooking food, generating negative impacts on the environment., The World Health Organization WHO (2022) indicates that, in 2020, it has been estimated that this domestic air pollution caused 3.2 million deaths, including 237,000 deaths of children under 5 years of age. It is for the above that the main objective of this project was to generate a technological alternative that uses solar energy, proposing the development of an automated pilot system as an efficient alternative in the food cooking process as a solution to the needs of the Hotel Villa Lucy in the municipality of Curití. Several phases were carried out for

the elaboration of this prototype, where one of them was the collection of data through primary sources, through field and secondary observation through technological surveillance, finding experiences of the inhabitants of rural sites, areas not intercommunicated or with little access to public services; collecting information for the elaboration of conceptual sketches, CAD and electronic designs, seeking to maximize the main aspects such as structure, the materials with which it was manufactured and its electronic components, with the development of the prototype its final phase was carried out which was to perform functional tests of the device evidencing the efficiency at the time of carrying out the food cooking process, in turn the intervention of the user was not necessary during its process; since this control was in charge of solar tracking, guaranteeing an excellent concentration of heat complying with the temperature requirements, becoming a feasible solution.

**KEYWORDS:** Solar Cooking, Solar Energy, Automation, Solar Tracking, Mechanical Design.







# 1. Introducción

El desarrollo constante de las diferentes actividades humanas requiere energía generalmente obtenida de fuentes no renovables, estas requieren de un ciclo de millones de años para su formación, al ritmo actual de consumo, se agotarán, y dejarán de ser, a corto plazo viables. Nuestro nivel de vida actual sólo demuestra que las necesidades energéticas se encuentran en aumento en todo el mundo, Según el periódico La Republica (2022) Colombia en el año 2021, la demanda de energía eléctrica del Sistema Interconectado Nacional creció 5,51% con respecto al año 2020, con un consumo de 74.116,91 GWh (gigavatios hora), esta cifra de consumo anual representa un nuevo récord histórico y es la variación positiva más alta de la última década. Aun así, hay sectores de la población que no cuentan con acceso a servicios, encuestas realizadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE en el año 2020 estiman que el acceso de gas natural en los centros poblados y rural disperso se presentó una cobertura de 14,2% de los hogares (DANE, 2021). Estas cifras son significativamente bajas obligando a la población rural a depender del uso de combustibles como lo son la madera y el carbón para producir el sustento diario de estas familias.

Los bosques en Colombia con respecto a la superficie total del país han venido disminuyendo de manera gradual, según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el 2021 se deforestaron 174.103 hectáreas (ha) de bosque, lo que representa un aumento del 1,5 % de este fenómeno en comparación con el año 2020, estos resultados permiten identificar que para el cierre

del año 2021 el país cuenta con 59,5 millones de hectáreas de bosque natural, lo que lo sigue catalogando como un país forestal, donde el 52,1% de superficie continental e insular sigue siendo bosque (Minambiente, 2022).

Pero no son resultados aun favorables, Puesto que la madera sigue siendo un recurso primario, para cumplir necesidades diarias. Esto no es de sorprender puesto que se calcula que la energía de la biomasa como combustible tradicional ascienda una décima parte de la demanda humana de energía, sobre todo en países en desarrollo. En estos hogares normalmente se utilizan fogones abiertos o estufas en mal funcionamiento, la quema de este tipo de materiales libera pequeñas partículas donde su nocividad es perjudicial para la salud humana.

En diversos países desarrollados del mundo el furor de las energías renovables ha afianzado en estos territorios una investigación y desarrollo constante en el uso de fuentes no convencionales. El uso de la energía producida por el sol es una excelente alternativa trayendo diferentes ventajas, sin tener efectos no deseados al medio ambiente, esto ha impulsado una gran demanda de tecnología relacionada a este tipo de recurso. Con lo anteriormente expuesto el desarrollo de un sistema de cocina solar automatizada se ha convertido en una alternativa viable y eficiente para la cocción de alimentos. Aquí se encontrará el proceso llevado a cabo paso a paso, donde se demuestre que esta tecnología se puede replicar por un bajo costo en cualquier parte que se tenga acceso a la energía del sol.

## 2. Metodología

El diseño y construcción de este prototipo se planteó como una solución a la necesidad del Hotel Villa Lucy del municipio de Curití, de hacer más eficientes las cocinas solares existentes en el hotel, con la finalidad de tener un sistema electrónico que permitiera un seguimiento de la cocina hacia donde el sol se encontrará. Los parámetros que se establecieron para el prototipo fueron propuestos por los involucrados, donde se tuvo una charla para determinar cuáles de estas ideas eran viables, en el prototipo que se quería fabricar, como consecuencia de los planteamientos establecidos se procedió a dividir el proyecto en cuatro fases para su total culminación.

En la primera fase se tuvo en cuenta la recolección de datos a través de fuentes primarias, por medio de la observación de campo y secundarias por medio de vigilancia tecnológica, encontrando experiencias de los habitantes de sitios rurales, zonas no intercomunicadas o de

poco acceso a servicios públicos; recopilando información de diferentes tipos de diseños encontrados en el mercado, además de buscar los materiales más utilizados para el diseño de este tipo de tecnología; los materiales que fueron escogidos se seleccionaron por su costo beneficio. En su segunda fase se tuvo en cuenta un diseño de estufa solar tipo caja existente en el hotel para la elaboración de bosquejos conceptuales y diseños CAD, logrando un rediseño de la cocina solar, el cual cumpliría los requerimientos establecidos, además se realizó el diseño mecánico y electrónico del sistema que se encargaría del seguimiento solar. En la tercera fase se fabricaron todas las partes que tendría la estufa solar, al armar dicho dispositivo se decidió que se dividiría en dos esta fase, en una de ellas se enfatizó la parte mecánica y física de la cocina, y la otra estaría dedicada al sistema automatizado y sus pruebas. En la cuarta y última fase se efectuó el ensamblaje del equipo y las pruebas de funcionamiento en condiciones reales.

## 2.1. Vigilancia tecnológica

Al realizar la fase de investigación se analizó que al ser un rediseño de productos ya existentes lo principal era realizar una búsqueda de las cocinas encontradas en el mercado, así como documentos que permitirán el desarrollo y mejoramiento de este tipo de elemento. Se pudo determinar que existen varios tipos de cocinas solares entre los cuales los más comunes son:

- Estufa tipo caja estufa de concentración.
- Estufa con contenedores parabólicos compuestos.

- Estufa desconcentración indirecta.
- Estufa con concentradores parabólicos compuestos de revolución.

Por medio de la investigación se encontró que en la zona donde se utilizaría el proyecto sería una zona tropical, ya que el municipio de Curití-Santander tiene precipitaciones significativas en la mayoría de los meses del año, y su temporada seca es corta como se puede observar en la figura 1, concluyendo que era necesario que la estufa solar tuviera un sistema de apoyo electrónico para mejorar su rendimiento.

**Figura 1. Tabla Climática - Datos Históricos del Tiempo Curití.**

|                        | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura media (°C) | 19.3  | 19.6    | 19.6  | 19.3  | 19.1 | 19.1  | 19.2  | 19.4   | 19.4       | 18.9    | 18.7      | 19        |
| Temperatura min. (°C)  | 15.4  | 15.7    | 15.9  | 15.9  | 15.7 | 15.4  | 15.3  | 15.2   | 15.3       | 15.5    | 15.5      | 15.4      |
| Temperatura máx. (°C)  | 24.4  | 24.9    | 24.9  | 24.2  | 23.8 | 24    | 24.2  | 24.7   | 24.6       | 23.8    | 23.3      | 23.9      |
| Precipitación (mm)     | 147   | 174     | 269   | 445   | 580  | 564   | 547   | 493    | 383        | 414     | 366       | 208       |
| Humedad(%)             | 73%   | 72%     | 75%   | 80%   | 81%  | 76%   | 73%   | 72%    | 73%        | 79%     | 81%       | 77%       |
| Días lluviosos (días)  | 16    | 16      | 20    | 21    | 22   | 21    | 22    | 22     | 21         | 22      | 20        | 17        |
| Horas de sol (horas)   | 8.1   | 8.1     | 8.1   | 7.9   | 8.1  | 8.5   | 8.7   | 8.6    | 8.5        | 7.6     | 7.0       | 7.7       |

Data: 1991 - 2021 Temperatura min. (°C), Temperatura máx. (°C), Precipitación (mm), Humedad, Días lluviosos. Data: 1999 - 2019: Horas de sol

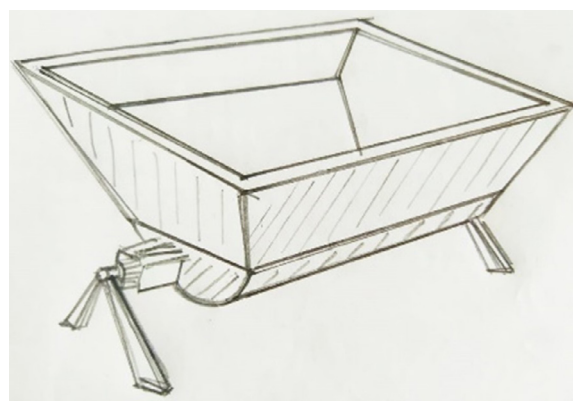
Adaptado de Tabla Climática // Datos Históricos del Tiempo Curití (Climate Data, 2022)

El concepto del diseño es una importante etapa al momento de pensar en la solución del problema planteado por los objetivos del sistema. En esta fase se debe tomar como referencia un diseño práctico del producto teniendo en cuenta: la función, producción, comercio, usuario y consumidor. Enfatizando que el prototipo sea lo más eficiente posible en los ámbitos en el que se desenvolverá. Es útil realizar bocetos del sistema, para así tener una idea base de la cual partir y lograr tener un diseño efectivo.

Al iniciar un diseño se establecen diferentes opciones e ideas, las cuales van acordes a cumplir con los requerimientos del sistema, al tener

claro las especificaciones se plantea un diseño preliminar que se puede observar en la Figura 2.

**Figura 2. Diseño conceptual sistema piloto para la cocción de alimentos.**



Nota: Creación Propia



## 2.2. Selección de materiales

Tan importante como el diseño es tener en cuenta los materiales con los cuáles se fabricó la cocina solar, pues son una parte fundamental ya que debían cumplir con solventar tres variables como lo son: reflejar la luz del sol, concentrar el calor y mantener la temperatura y al existir una gran variedad para escoger, se tuvo en cuenta tres parámetros los cuales son accesibilidad, peso y la fácil manipulación, los que fueron escogidos se describen a continuación:

### 2.2.1. Materiales Mecánicos:

**Fibra de vidrio:** Material predominante en la estructura de cocina solar, pues su facilidad de adquirir la forma deseada y mantenerla, fue óptima para el desarrollo de la estufa.

**Jumbolon:** Material resistente al calor, fue el encargado de mantener la temperatura, se ubicó entre las capas de fibra de vidrio.

**Película adhesiva reflectante:** Material utilizado para reflejar la radiación solar en el interior de la cocina, a pesar de existir gran cantidad de materiales reflectantes, este se seleccionó por la facilidad de su instalación al ser adhesivo.

**Acero:** material utilizado para la estructura que soporta el peso de la cocina. Mayormente encontrado en las bases de la cocina solar, escogido por ser ligero y resistente.

**Onix y Fibra de carbono:** Material Utilizado para la fabricación de los engranajes de la caja reductora, esta fabricación se realizó a través de impresión 3D.

### 2.2.2. Materiales eléctricos

**BH1750FVI:** Sensor digital de iluminación ambiente con interfaz IC y I2C. Este dispositivo es adecuado para obtener los datos correspondientes de la luz.

**TEMT6000:** Sensor de luz ambiente sensible al espectro visible, es analógica la salida del sensor y se puede medir con cualquier microcontrolador.

**DS18B20:** Sensor digital que permite detectar temperatura utilizando el protocolo 1-Wire para su comunicación este sensor nos permite medir una temperatura de menos -55 grados centígrados a los 125 grados centígrados con una resolución de 9 a 12 bits.

**Puente-H L298N:** Tarjeta que permite controlar motores DC o paso a paso ideal para este proyecto es compatible con el controlador Arduino y es manejada con un circuito L298.

**SA31353:** Regulador de voltaje de corriente continua tiene una entrada de 3.2V hasta 40V de tensión y una salida de 1.25V a 35V con una corriente de 3A.

**Bateria 12V 7.5 A:** Encargada de proporcionar la alimentación tanto para el sistema de control como para el sistema de potencia ya que gracias al convertidor DC se envía una parte hacia el arduino, los sensores y la otra parte será dirigida hacia el motor.

**El motor:** será el componente encargado de transformar la energía eléctrica en mecánica y así mover la estructura de la estufa solar.

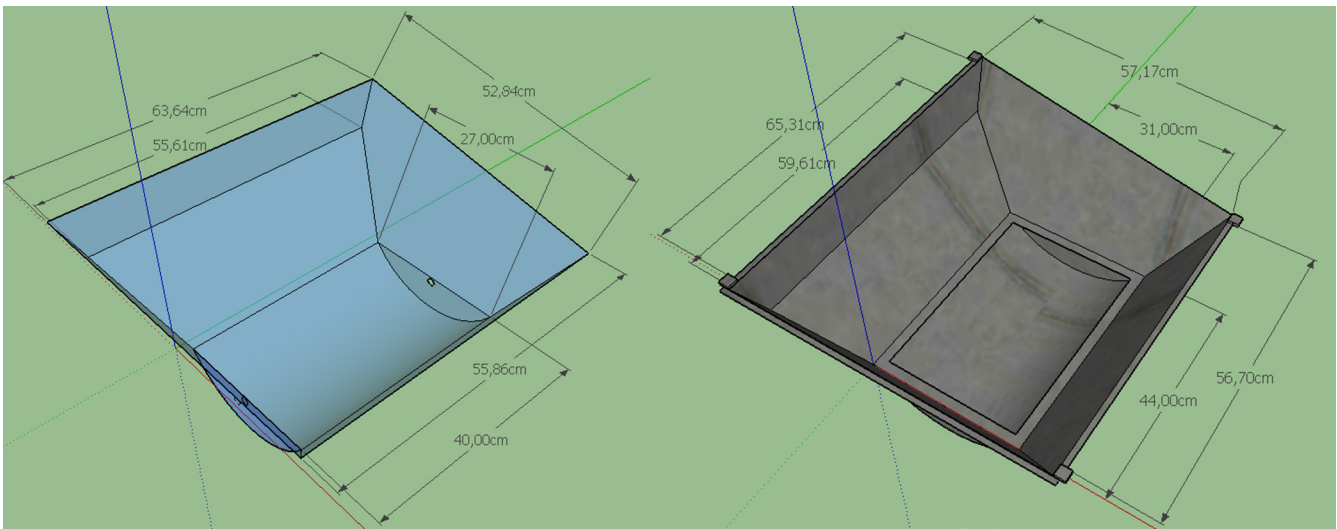
2.3. Diseño, simulación y análisis

2.3.1. Diseño mecánico

La estructura física fue basada en el diseño que se realizó en el planteamiento conceptual, cumpliendo con las características necesarias para ser implementado. Existen algunas variables o factores adicionales que afectan el sistema general que se planteó, entre estos se tienen: el peso, la resistencia, el espacio, el costo y la confiabilidad.

Este diseño se realizó en un software CAD, que permitió simular el movimiento evidenciando las virtudes del prototipo, así como los cambios estructurales para su implementación.

Figura 3. Diseño en CAD sistema piloto para la cocción de alimentos.



Nota: Creación Propia

Para alcanzar las revoluciones por minutos y el torque requerido para garantizar el movimiento de la estructura de la cocina solar, se realizó un diseño de una caja reductora de velocidad, compuesta por 4 engranajes helicoidales que permitieron obtener una disminución de velocidad de 30 rpm a 1.6 rpm, como se muestra en la Tabla 1.

Ecuación 1 Ecuación engranajes.

$$Z_1n_1 = Z_2n_2$$
$$n_2 = \frac{Z_1n_1}{Z_2}$$

Tabla 1 Cálculo de engranajes según rpm.

| Tabla 1 Cálculo de engranajes según rpm. |    |     |    |
|------------------------------------------|----|-----|----|
| w1                                       | Z1 | w2  | Z2 |
| 30                                       | 10 | 5   | 60 |
| w3                                       | Z3 | w4  | z4 |
| 5                                        | 20 | 1.6 | 60 |

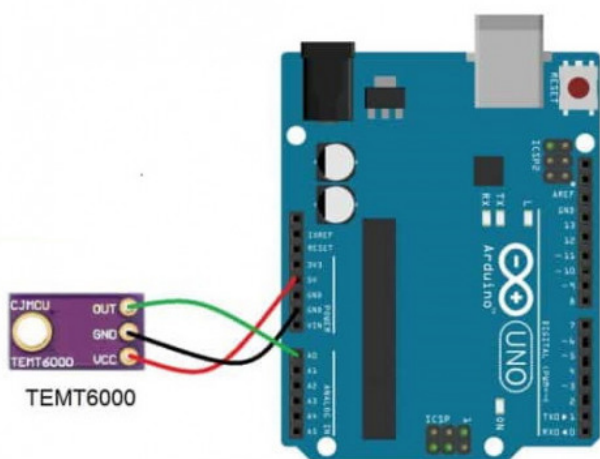
Nota: Creación Propia

### 2.3.2. Diseño Electrónicos

Desde el punto de vista electrónico lo principal para tener en cuenta para el seguimiento del sol era los sensores que se utilizarían el sistema que lo controlaría y el que generaría el movimiento.

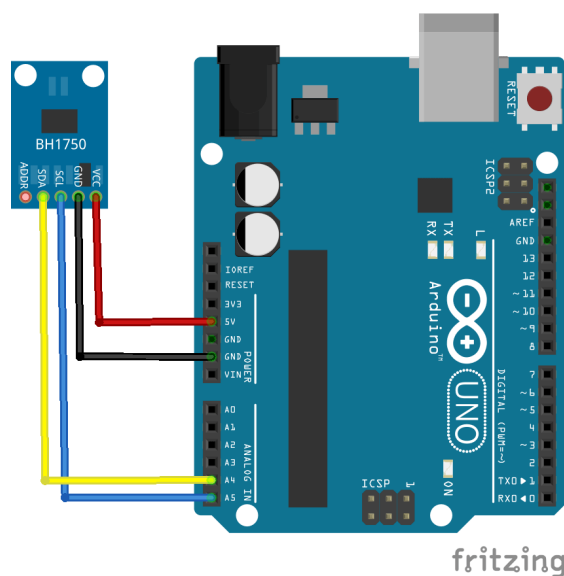
Los sensores principales utilizados fueron BH1750FVI y un sensor de apoyo el cual es TEMA6000. Estos sensores trabajan como una comunicación I2C, el cual sólo permite máximo dos sensores conectados, por eso se encuentra el segundo sensor de apoyo, para generar un encendido de estos dos, lo que realizan estos sensores es detectar la cantidad de lúmenes que se encuentran en el ambiente y por medio de una comparación de los dos sensores, de acuerdo a la posición en la que se encuentra se puede a través del Arduino dar la orden al motor para generar el movimiento.

**Figura 4. Conexiones TEMA6000.**



Adaptado de Sensor de Luz Ambiental TEMA6000 (Altronics, s.f.)

**Figura 5. Conexiones BH1750FV.**

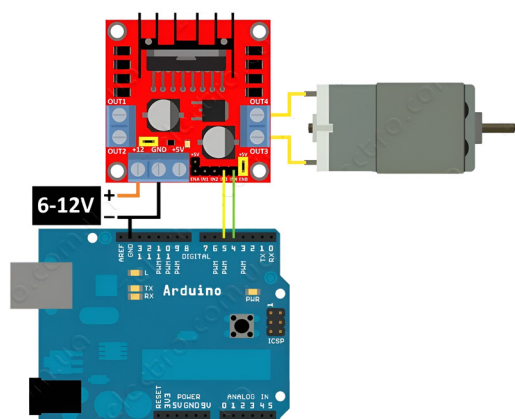


Adaptado de ARDUINO AND BH1750 SENSOR (Arduino Learning, s.f.)

El segundo elemento importante en la parte electrónica es el controlador en este caso se optó por el Arduino por su bajo costo y excelente funcionamiento a través de una programación que se realizó se logra disponer a través de señales la recepción de datos enviados por los sensores, ser procesados y de esta manera controlar el giro de la cocina solar. El motor encontrado en este prototipo es un motor común de corriente continua ese es de 30 revoluciones por minuto está apoyado por dos elementos muy importantes el primero desde el punto de vista electrónico es un puente H el cual nos permite cambiar el sentido de giro del motor además de proporcionar la corriente que necesita el motor para generar movimiento, para asegurarnos de que la cocina tiene la temperatura suficiente para preparar los alimentos se tiene en cuenta una sonda de temperatura.

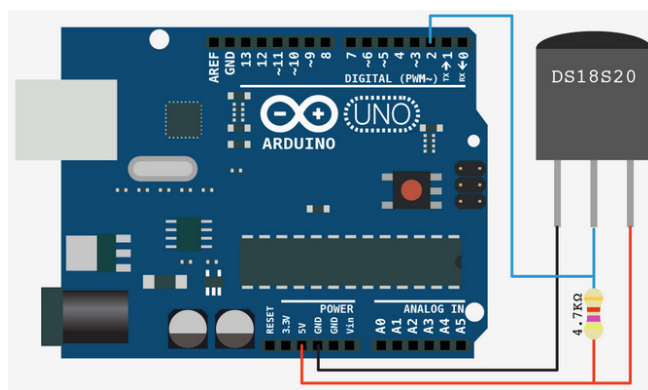


**Figura 6. Conexiones Driver L298N.**



Adaptado de Uso de Driver L298N para motores DC y paso a paso con Arduino (Electronilab, 2014)

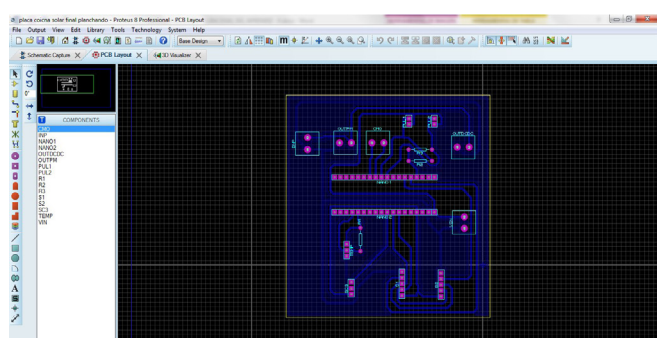
**Figura 7. Conexiones DS18B20.**



Adaptado de Sensor de temperatura DS18B20 con Arduino (HETPRO, s.f.)

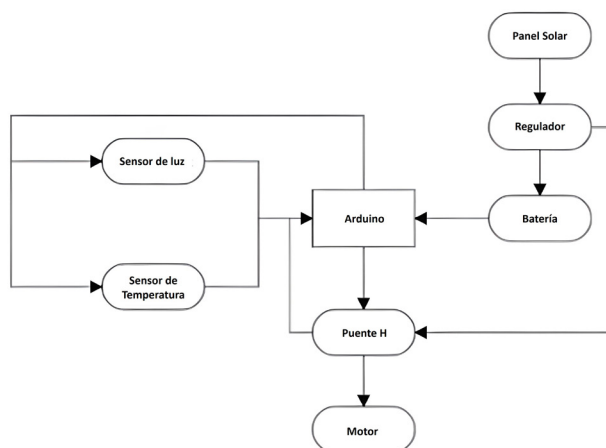
Al existir diferentes tipos de microcontroladores se tomó en cuenta, que el Arduino nano sería la mejor elección para recibir y controlar todo el sistema, pero sería necesario una PCB que integra el microcontrolador y la recepción de los señores y al mismo tiempo pudiera enviar los datos al puente H que controlaría el giro del motor. La creación de esta PCB se hizo de manera artesanal, la cual requiere imprimir el circuito diseñado en Proteus. Con una plancha se adhiere la tinta de la impresión de circuito al PCB y luego de ser retirada se aplica cloruro férrico, para retirar el exceso de cobre y posteriormente se le agregan los elementos al ser soldados con ayuda de un cautoín y estaño.

**Figura 8. Diseño de Placa Electrónica**



Nota: Creación Propia

**Figura 9. Diagrama electrónico sistema piloto para la cocción de alimentos**



Nota: Creación Propia

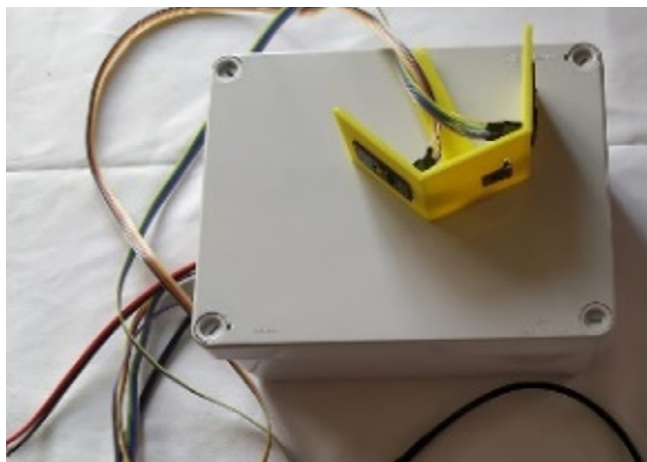
En esta fase al tener escogido los elementos electrónicos que formarían parte del sistema, se realizó la programación de cada uno de estos elementos por aparte, y probar cada uno de los funcionamientos, al tener estos pasos completados se juntan en las programaciones para tener la resolución el seguimiento del sol.

Figura 10. Prototipo sistema piloto para la cocción de alimentos.



Nota: Creación Propia

Figura 11. Caja Electrónica sistema piloto para la cocción de alimentos.

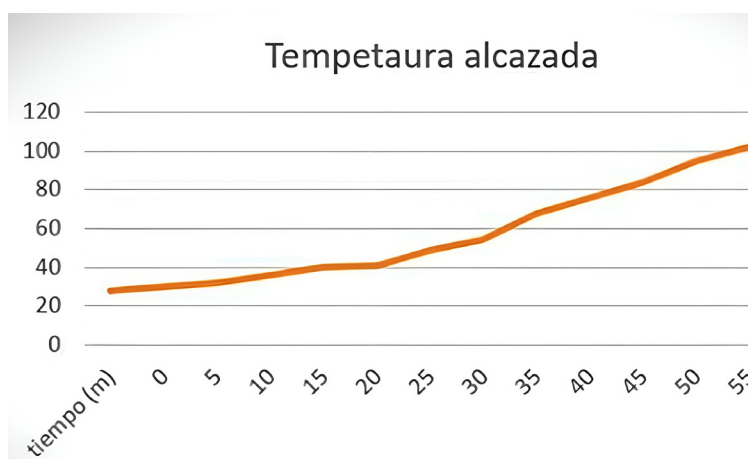


Nota: Creación Propia



El prototipo al ser usado obtuvo valores de temperatura óptimos para la cocción de los alimentos como se muestra en la figura 12.

Figura 12 Temperatura Cocina Solar.



Nota: Creación Propia



La creación de este dispositivo cumple con los principios de funcionamiento dando al usuario la opción de reemplazar la cocina tradicional en lugares donde no haya acceso a electricidad o gas, que utilicen el carbón y la madera como fuente de energía para cocinar los alimentos. Es importante tener en cuenta que al no ser un método corriente le tomara al usuario un tiempo adaptarse a esa nueva manera de procesar los alimentos.

De los procesos realizados para la fabricación de este prototipo se evidenció que los sistemas de apoyo son necesarios para mantener la eficiencia en zonas donde la climatología no permita un excelente funcionamiento. De acuerdo con lo anterior es necesario siempre realizar un estudio anterior de la zona donde se utilizará pues esto determinará el tipo de cocina solar que se utilizará y si es necesario que se integré un sistema automatizado para el seguimiento solar.

En cuanto el diseño electrónico es importante tener en cuenta que los sensores que actualmente se utilizan para la medición de luz son sensibles por lo que es necesario tomar medidas para reducir esta sensibilidad ya que afectan el control del dispositivo. El sistema de alimentación se realiza a través de una batería la cual es alimentada por un panel solar así que sigue sin requerir ningún tipo de conexión por parte de la red local.

Es importante tener en cuenta que este tipo de proyecto está, enfocado en la construcción de un producto que puede ser utilizado en zonas de difícil acceso resistente al agua y al polvo, pero se deben realizar los mantenimientos adecuados para mantener su eficiencia esto permitirá a la familia que lo utilice dejar de depender de energías no renovables







## 4. Discusión y conclusiones

El rediseño tomado a partir de una cocina solar tipo caja optimizada a la zona tropical, la cual se le hicieron las modificaciones necesarias, cumplió con los requerimientos que se establecieron, mostrando funcionamiento eficiente, al momento de concentrarse y mantener el calor y así poder cocinar los alimentos.

El diseño propuesto en este proyecto mantiene como prioridad el que el prototipo sea desmontable, esto se logró a través de tornillos los cuales permitían que la cocina tuviera puntos de acople modificables, a través de éstos se pudo mantener un dispositivo de fácil transporte y una viable manipulación.

Al momento de ser utilizado el prototipo mostro autonomía propia, la cual permitiría al usuario realizar otras actividades mientras que se realizaba la cocción de los alimentos este método evita que se pierdan nutrientes y vitaminas.

Al no tener que recurrir a otro tipo de energía fuera de la solar, el dispositivo es recomendable para usar en hogares que utilicen la leña o carbón como combustible, igualmente hay que tener en cuenta qué se debe realizar una capacitación para el uso de este tipo de tecnología.

## 5. Referencias Bibliográficas

- Altronics. (s.f.). Sensor de Luz Ambiental TEMT6000 [Fotografía]. Altronics. <https://altronics.cl/sensor-luz-temt6000>.
- Arduino Learning. (s.f.). ARDUINO AND BH1750 SENSOR [Fotografía]. Arduino Learning. <http://arduinolearning.com/code/arduino-bh1750-sensor.php>
- Climate Data. (2022). Tabla Climática // Datos Históricos del Tiempo Curití [Fotografía]. Climate Data. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/santander/curiti-50194/#climate-graph>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2021). Indicadores de calidad de vida de los Colombianos en 2020. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2020>
- Electronilab. (2014). Uso de Driver L298N para motores DC y paso a paso con Arduino [Fotografía]. Electronilab. <https://electronilab.co/tutoriales/tutorial-de-uso-driver-dual-l298n-para-motores-dc-y-paso-a-paso-con-arduino/>
- La Republica. (2022, 18 de enero). Demanda de energía en 2021 marcó récord histórico al totalizar 74.116,91 GW hora. La Republica. <https://www.larepublica.co/economia/demanda-de-energia-en-2021-marco-record-historico-al-totalizar-74-116-91-gw-hora-3288298>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Minambiente (2022, 15 de julio). Se reduce y se contiene la deforestación en Colombia durante los últimos cuatro años. Minambiente. <https://www.minambiente.gov.co/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/se-reduce-y-se-contiene-la-deforestacion-en-colombia-durante-los-ultimos-cuatro-anos/>
- Organización Mundial de la Salud – OMS (2022, 27 de julio). Contaminación del aire doméstico y salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>
- Herramientas Tecnológicas Profesionales - HETPRO. (s.f.). Sensor de temperatura DS18B20 con Arduino [Fotografía]. <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-temperatura-ds18b20/>
- Red de Política de Energía Renovable para el Siglo XXI - REN21(2021, 15 de junio). Hagamos de las energías renovables un indicador clave de rendimiento en todas las actividades económicas [Comunicado de prensa] [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REN21\\_GSR2021\\_PressRelease\\_Spanish.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REN21_GSR2021_PressRelease_Spanish.pdf)
- Fotografías:<https://mipueblocreadordecultura.blogspot.com/2018/10/curiti-pueblo-de-tejedores.html>







# AUTOMATED PILOT

## SYSTEM FOR COOKING FOOD USING SOLAR ENERGY IN CURITI SANTANDER

*Tnlgo., Técn. Cristhian Ferney Rueda Torres, Aprendiz SENA,  
crisferrue@gmail.com*

*MSc., Esp., Ing. Nicolás Javier Rincón Sánchez, Instructor SENNOVA SENA,  
nrrincons@sena.edu.co  
Centro Agroturístico Regional Santander*

**Cristhian Ferney Rueda Torres:** Technician in implementation and maintenance of industrial electronic equipment, electronics technologist, researcher of the BIOMECA seedbed, SENA, Centro Agroturistico. Regional Santander, entrepreneur, and salesperson of handicraft products.

**Nicolás Javier Rincón Sánchez :** Mechatronic Engineer -Cum Laude (UNAB), Post grad. Specialist in Industrial Automation (USTA), Master's Degree in management and project management (USTA), SENNOVA Instructor of the Centro Agroturistico SENA. Leader of the Research Group in Technology, Innovation and Pedagogy Manuela Beltrán (GITIP - MB), leader of the research group BIOMECA. Experience in management, development, formulation and execution of research, development, and technological innovation projects. Experience in design, simulation, reverse engineering, 2D and 3D prototyping, automation and industrial instrumentation. Execution of projects in the areas of manufacturing processes, automation and industrial instrumentation. Strategic planning, coordination and execution of maintenance programmes.





# 1. Introduction

The constant development of different human activities requires energy, generally obtained from non-renewable sources, which require a cycle of millions of years for their development; at the current rate of consumption, they will be exhausted and will cease to be viable in the short term. According to the newspaper La Republica (2022) Colombia in the year 2021, the demand for electrical energy of the National Interconnected System grew 5.51% with respect to the year 2020, with a consumption of 74,116.91 GWh (gigawatt hours), this figure of annual consumption of 74,116.91 GWh (gigawatt hours). It represents a new historical record and is the highest positive variation in the last decade. Even so, there are sectors of the population that do not have access to services, surveys conducted by the National Administrative Department of Statistics DANE in 2020 estimate that access to natural gas in populated centres and dispersed rural areas had a coverage of 14.2% of households (DANE, 2021). These figures are significantly low, forcing the rural population to depend on the use of fuels such as wood and charcoal to produce the daily sustenance of these families.

According to the Ministry of Environment and Sustainable Development, 174,103 hectares (ha) of forest were deforested in 2021, which represents an increase of 1.5% compared to 2020. These results show that by the end of 2021 the country will have 59.5 million hectares of natural

forest, which continues to classify it as a forested country, where 52.1% of the continental and insular surface is still forest (Minambiente, 2022). However, the results are not yet favourable, since wood is still a primary resource, to meet daily needs. This is not surprising since biomass energy as a traditional fuel is estimated to account for one tenth of human energy demand, especially in developing countries. In these households, open fires or malfunctioning cookers are often used, burning such materials releases small particles where their harmfulness is detrimental to human health.

In several developed countries around the world, the renewable energy craze has led to constant research and development in the use of non-conventional sources. The use of energy produced by the sun is an excellent alternative bringing different advantages, without having undesirable effects on the environment, this has driven a great demand for technology related to this type of resource. With the above mentioned, the development of an automated solar cooking system has become a viable and efficient alternative for cooking food. Here you will find a step-by-step process that demonstrates that this technology can be replicated at low cost anywhere there is access to solar energy.

## 2. Methodology

The design and construction of this prototype was proposed as a solution to the need of the Hotel Villa Lucy in the municipality of Curitiba, to make the existing solar cookers in the hotel more efficient, with the aim of having an electronic system that would allow the cooker to follow where the sun would be. The parameters that were established for the prototype were proposed by those involved, where a talk was held to determine which of these ideas were viable in the prototype that was to be manufactured, as a result of the approaches established, the project was divided into four phases for its total completion.

The first phase took into account the collection of data through primary sources, by means of field observation and secondary sources through technology watch, finding experiences of the inhabitants of rural areas, areas that are not interconnected or have little access to public services; compiling information on different types of designs found on the market, as well

as looking for the materials most commonly used for the design of this type of technology; the materials that were chosen were selected for their cost-benefit. In the second phase, an existing box-type solar cooker design in the hotel was taken into account for the elaboration of conceptual sketches and CAD designs, achieving a redesign of the solar cooker, which would meet the established requirements, in addition to the mechanical and electronic design of the system that would be responsible for solar tracking. In the third phase, all the parts of the solar cooker were manufactured. When the device was assembled, it was decided that this phase would be divided into two: one of them would focus on the mechanical and physical part of the cooker, and the other would be dedicated to the automated system and its tests. In the fourth and final phase, the equipment was assembled and tested under real conditions.

## 2.1. Technological surveillance

When carrying out the research phase, it was analysed that as it was a redesign of existing products, the main thing was to carry out a search of the cookers found on the market, as well as documents that would allow the development and improvement of this type of element. It was determined that there are several types of solar cookers among which the most common are:

- Box type cooker, concentrating cooker.
- Cooker with compound parabolic containers.

- Indirect deconcentration cooker.
- Cooker with compound parabolic concentrators of revolution.

Through the research it was found that the area where the project would be used would be a tropical zone, since the municipality of Curití-Santander has significant rainfall in most months of the year, and its dry season is short as can be seen in figure 1, concluding that it was necessary for the solar cookstove to have an electronic support system to improve its performance. Figura 1.

**Figure 1. Climatic Table - Curití Weather Historical Data.**

|                        | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura media (°C) | 19.3  | 19.6    | 19.6  | 19.3  | 19.1 | 19.1  | 19.2  | 19.4   | 19.4       | 18.9    | 18.7      | 19        |
| Temperatura min. (°C)  | 15.4  | 15.7    | 15.9  | 15.9  | 15.7 | 15.4  | 15.3  | 15.2   | 15.3       | 15.5    | 15.5      | 15.4      |
| Temperatura máx. (°C)  | 24.4  | 24.9    | 24.9  | 24.2  | 23.8 | 24    | 24.2  | 24.7   | 24.6       | 23.8    | 23.3      | 23.9      |
| Precipitación (mm)     | 147   | 174     | 269   | 445   | 580  | 564   | 547   | 493    | 383        | 414     | 366       | 208       |
| Humedad(%)             | 73%   | 72%     | 75%   | 80%   | 81%  | 76%   | 73%   | 72%    | 73%        | 79%     | 81%       | 77%       |
| Días lluviosos (días)  | 16    | 16      | 20    | 21    | 22   | 21    | 22    | 22     | 21         | 22      | 20        | 17        |
| Horas de sol (horas)   | 8.1   | 8.1     | 8.1   | 7.9   | 8.1  | 8.5   | 8.7   | 8.6    | 8.5        | 7.6     | 7.0       | 7.7       |

Data: 1991 - 2021 Temperatura min. (°C), Temperatura máx. (°C), Precipitación (mm), Humedad, Días lluviosos. Data: 1999 - 2019: Horas de sol

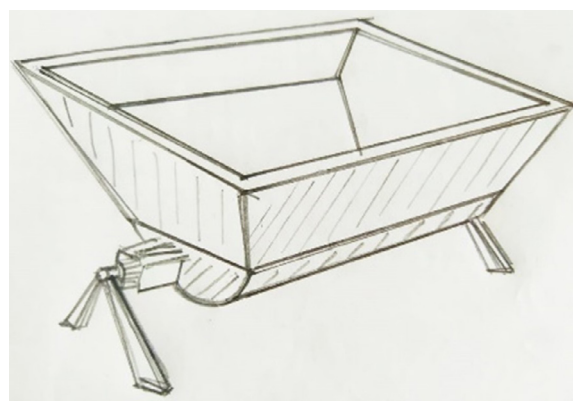
Adapted from Climate Table // Curiti Weather Historical Data (Climate Data, 2022)

The design concept is an important stage when thinking about the solution of the problem posed by the system objectives. In this phase, a practical design of the product should be taken as a reference, taking into account: function, production, trade, user and consumer. Emphasis should be placed on making the prototype as efficient as possible in the areas in which it will be used. It is useful to make sketches of the system, in order to have a basic idea from which to start and achieve an effective design.

When starting a design, different options and ideas are established, which are in accordance with the requirements of the system, and once

the specifications are clear, a preliminary design is proposed, which can be seen in Figure 2

**Figure 2. Conceptual design pilot system for cooking food.**



Note: Own creation



## 2.2. Selection of materials

As important as the design is to take into account the materials with which the solar cooker was made, as they are a fundamental part as they had to meet three variables such as: reflect the sunlight, concentrate the heat and maintain the temperature and as there is a great variety to choose from, three parameters were taken into account which are accessibility, weight and easy handling, those that were chosen are described below:

### 2.2.1. Mechanical materials:

**Fibreglass:** Predominant material in the solar cooker structure, as its ease of acquiring the desired shape and maintaining it, was optimal for the development of the cooker.

**Jumbolon:** Heat resistant material, it was in charge of maintaining the temperature, it was placed between the layers of fibreglass.

**Reflective adhesive film:** Material used to reflect solar radiation inside the cooker. Despite the existence of a large number of reflective materials, this was selected because it is easy to install as it is adhesive.

**Steel:** material used for the structure that supports the weight of the kitchen. Mostly found in the bases of the solar cooker, chosen for being light and resistant.

**Onyx and carbon fibre:** Material used to manufacture the gears of the gearbox, which was manufactured using 3D printing.

### 2.2.2. Electrical equipment

**BH1750FVI:** Digital ambient light sensor with IC and I2C interface. This device is suitable for obtaining the corresponding light data.

**TEMT6000:** Ambient light sensor sensitive to the visible spectrum, the sensor output is analogue and can be measured by any microcontroller.

**DS18B20:** Digital sensor that allows us to detect temperature using the 1-Wire protocol for its communication, this sensor allows us to measure a temperature from minus -55 degrees Celsius to 125 degrees Celsius with a resolution of 9 to 12 bits.

**H-Bridge L298N:** Card which allows to control DC or stepper motors ideal for this project is compatible with the Arduino controller and is driven by a L298 circuit.

**SA31353:** DC voltage regulator has an input of 3.2V up to 40V voltage and an output of 1.25V to 35V with a current of 3A.

**Battery 12V 7.5 A:** In charge of providing the power supply for both the control system and the power system since thanks to the DC converter a part is sent to the arduino, the sensors and the other part will be directed to the motor.

**The motor:** will be the component responsible for transforming electrical energy into mechanical energy and thus move the structure of the solar cooker.

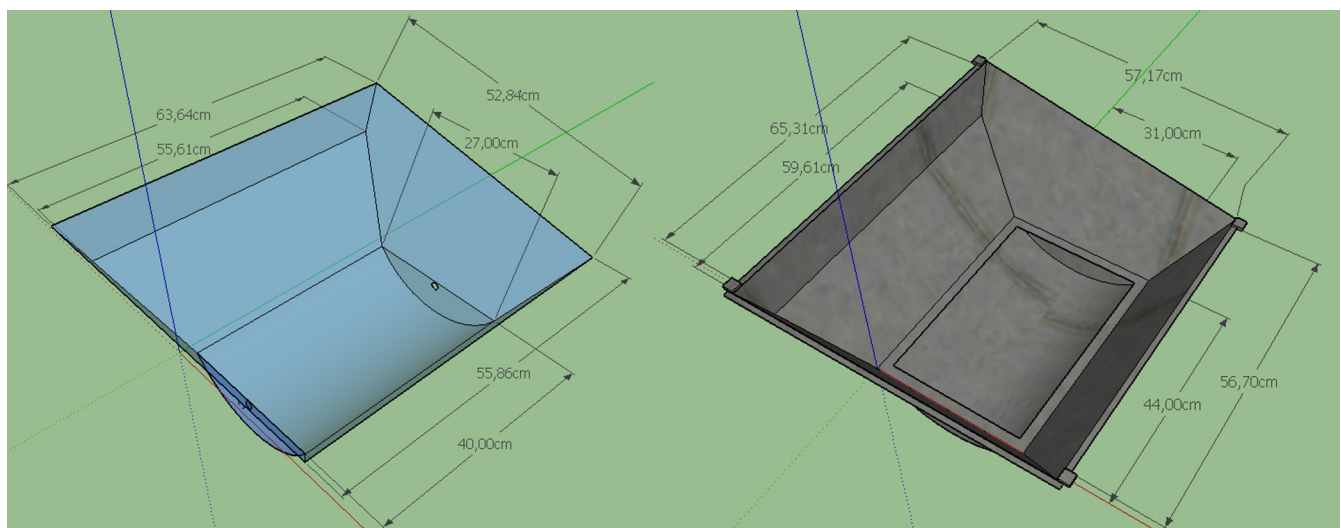
## 2.3. Design, simulation and analysis

### 2.3.1. Mechanical design

The physical structure was based on the design that was made in the conceptual approach, fulfilling the necessary characteristics to be implemented. There are some additional variables or factors that affect the general system that was proposed, among these are: weight, resistance, space, cost and reliability.

This design was carried out in CAD software, which allowed the movement to be simulated, demonstrating the virtues of the prototype, as well as the structural changes for its implementation.

**Figure 3. CAD design of pilot system for cooking food.**



Note: Own creation

To achieve the revolutions per minute and the torque required to guarantee the movement of the solar cooker structure, a speed reducer box was designed, consisting of 4 helical gears that allowed a decrease in speed from 30 rpm to 1.6 rpm, as shown in Table 1.

#### Equation 1. Gear equation.

$$Z_1 n_1 = Z_2 n_2$$

$$n_2 = \frac{Z_1 n_1}{Z_2}$$

**Table 1 Calculation of gears according to rpm.**

| Table 1 Calculation of gears according to rpm. |    |     |    |
|------------------------------------------------|----|-----|----|
| w1                                             | Z1 | w2  | Z2 |
| 30                                             | 10 | 5   | 60 |
| w3                                             | Z3 | w4  | z4 |
| 5                                              | 20 | 1.6 | 60 |

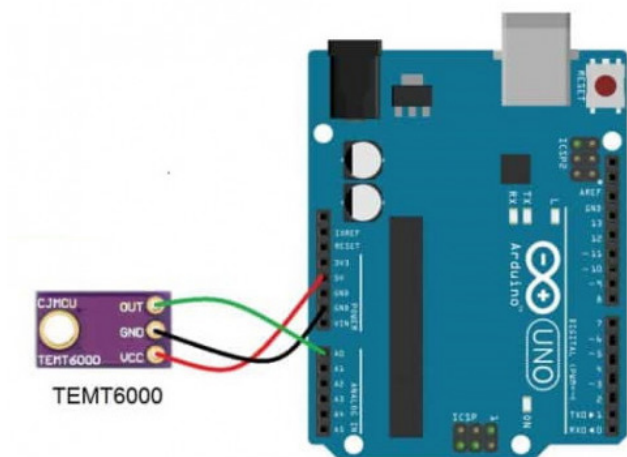
Note: Own creation

### 2.3.2. Electronic Design

From the electronic point of view the main thing to take into account for the sun tracking was the sensors that would be used, the system that would control it and the one that would generate the movement.

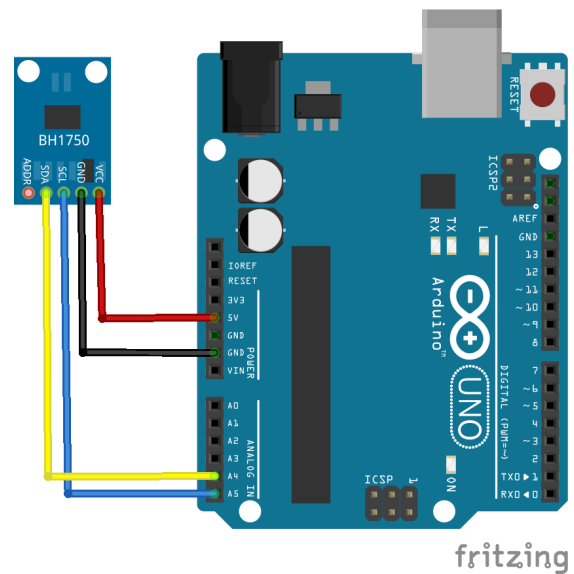
The main sensors used were BH1750FVI and a backup sensor which is TEMENT6000. These sensors work as an I2C communication, which only allows a maximum of two sensors connected, that is why the second sensor is support, to generate an ignition of these two, what these sensors do is to detect the amount of lumens that are in the environment and through a comparison of the two sensors, according to the position in which it is located can through the Arduino give the order to the engine to generate the movement.

Figure 4. TEMENT6000 connections.



Adapted from TEMENT6000 Ambient Light Sensor (Altronics, n.d.)

Figure 5. BH1750FV connections.

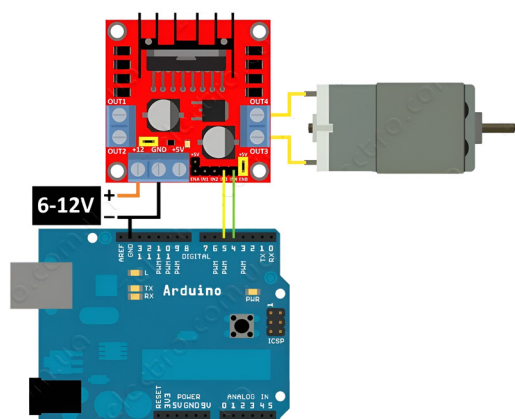


Adapted from ARDUINO AND BH1750 SENSOR (Arduino Learning, n.d.)

The second important element in the electronic part is the controller in this case we opted for the Arduino for its low cost and excellent performance through a programming that was performed is achieved through signals through the reception of data sent by the sensors, be processed and thus control the rotation of the solar cooker. The motor found in this prototype is a common DC motor that is 30 revolutions per minute is supported by two very important elements the first from the electronic point of view is an H-bridge which allows us to change the direction of rotation of the motor in addition to providing the current needed by the motor to generate movement, to ensure that the kitchen has sufficient temperature to prepare food is taken into account a temperature probe.

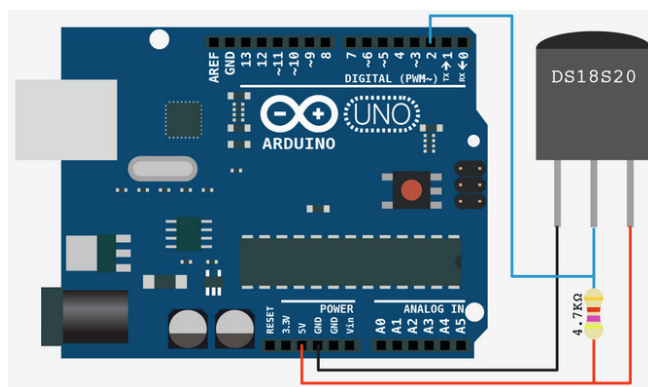


**Figure 6. L298N Driver Connections.**



Adapted from Using Driver L298N for DC and stepper motors with Arduino (Electronilab, 2014)

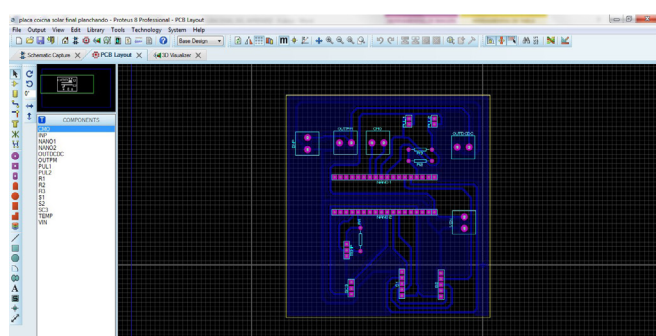
**Figure 7. DS18B20 connections.**



Adapted from DS18B20 Temperature Sensor with Arduino (HETPRO, n.d.)

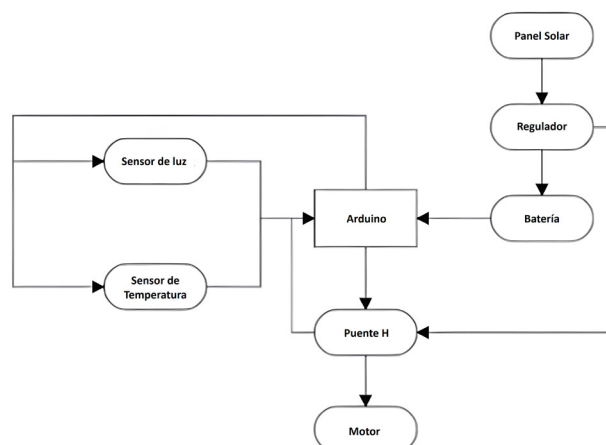
As there are different types of microcontrollers, it was considered that the Arduino nano would be the best choice to receive and control the whole system, but it would be necessary to create a PCB that integrates the microcontroller and the reception of the lords and at the same time could send the data to the H-bridge that would control the rotation of the motor. The creation of this PCB was done in a handmade way, which requires printing the designed circuit in Proteus. With a plate, the ink from the circuit printing is adhered to the PCB and after being removed, ferric chloride is applied to remove the excess copper and then the elements are added to be soldered with the help of a soldering iron and tin.

**Figure 8. Electronic Board Design**



Note: Own creation

**Figure 9. Pilot system electronic diagram for cooking food**



Note: Own creation

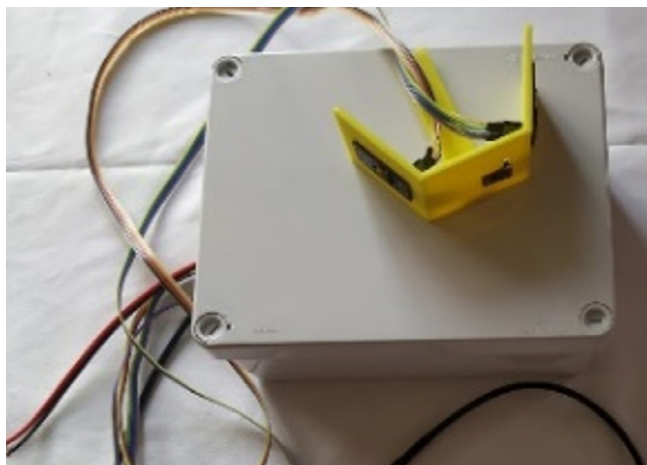
In this phase, having chosen the electronic elements that would form part of the system, the programming of each of these elements was carried out separately, and each of the functions was tested. Once these steps had been completed, they were put together in the programming to have the resolution and monitoring of the sun.

Figure 10. Prototype pilot system for cooking food.



Note: Own creation

Figure 11. Electronic box of the pilot system for cooking food.

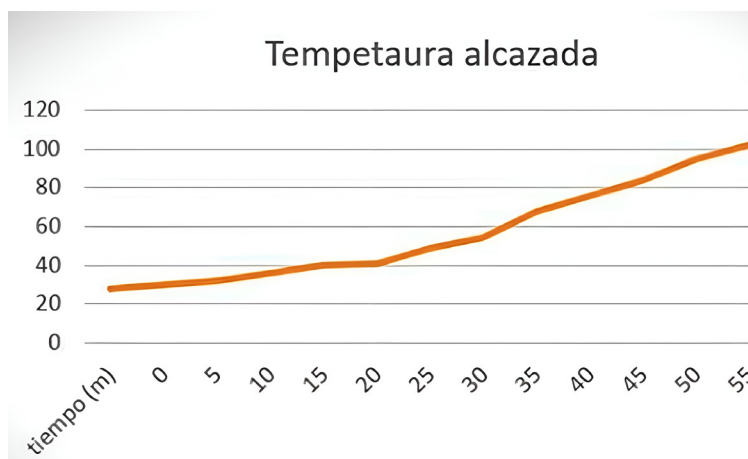


Note: Own creation



The prototype when used obtained optimum temperature values for the cooking of the food.

Figure 12 Temperature Solar Cooker.



Note: Own creation



The creation of this device complies with the principles of operation giving the user the option to replace the traditional cooker in places where there is no access to electricity or gas, using coal and wood as a source of energy for cooking food. It is important to bear in mind that as it is not an ordinary method it will take the user some time to adapt to this new way of processing food. From the processes carried out for the manufacture of this prototype, it became evident that support systems are necessary to maintain efficiency in areas where the climate does not allow for excellent operation. In accordance with the above, it is always necessary to carry out a previous study of the area where it will be used, as this will determine the type of solar cooker to be used and whether it is necessary to integrate an automated system for solar tracking.

Regarding the electronic design, it is important to highlight that the sensors currently used for light measurement are sensitive, so it is necessary to take measures to reduce this sensitivity as it affects the control of the device. The power system is powered by a battery which is powered by a solar panel, so it still does not require any connection to the local grid.

It is important to consider that this type of project is focused on the construction of a product that can be used in areas of difficult access, resistant to water and dust, but the appropriate maintenance must be carried out to maintain its efficiency, which will allow the family that uses it to stop depending on non-renewable energies.







## 4. Discussion and conclusions

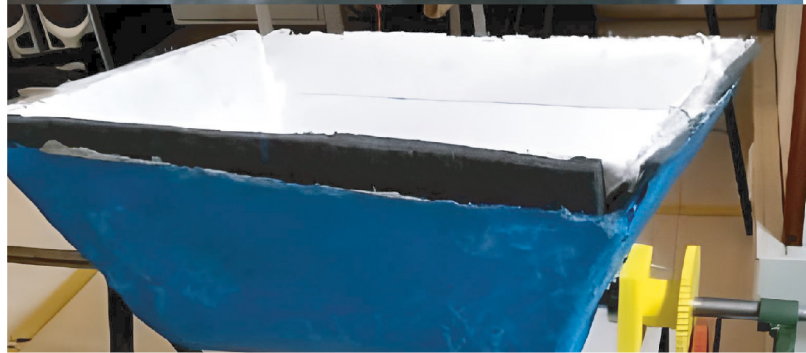
The redesign taken from a box-type solar cooker optimised to the tropical zone, which was modified as necessary, met the requirements that were established, showing efficient operation, when concentrating and maintaining heat and thus being able to cook the food.

The design proposed in this project maintains as a priority that the prototype is detachable, this was achieved through screws which allowed the cooker to have modifiable coupling points, through these it was possible to maintain a device that was easy to transport and viable to handle.

When the prototype was used, it showed its own autonomy, which would allow the user to carry out other activities while the food was being cooked. This method avoids the loss of nutrients and vitamins.

By not having to resort to other types of energy other than solar energy, the device is recommended for use in homes that use wood or coal as fuel, although it should also be borne in mind that training must be provided for the use of this type of technology.







Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación