

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“IMPLEMENTACIÓN DE CÁMARAS DE FERMENTACIÓN  
CONTROLADA PARA ELIMINAR EL TURNO NOCTURNO EN UNA  
PANADERÍA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL  
TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**HENRY PAUL BAIGORREA PRADO**

**LIMA - PERÚ**

**2023**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)**



## Document Information

---

<b>Analyzed document</b>	TSP - HENRY PAUL BAIGORREA PRADO.pdf (D139588956)
<b>Submitted</b>	2022-06-07T20:10:00.0000000
<b>Submitted by</b>	Carlos Cesar Augusto Elias Peñafiel
<b>Submitter email</b>	celiasp@lamolina.edu.pe
<b>Similarity</b>	0%
<b>Analysis address</b>	celiasp.unalm@analysis.urkund.com

## Sources included in the report

---

<b>SA</b>	<b>Morocho-Redrovan TA Lean-Manufacturing - Copy.docx</b> Document Morocho-Redrovan TA Lean-Manufacturing - Copy.docx (D62845927)	 <b>1</b>
<b>SA</b>	<b>submission.pdf</b> Document submission.pdf (D109172843)	 <b>1</b>

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**“IMPLEMENTACIÓN DE CÁMARAS DE FERMENTACIÓN  
CONTROLADA PARA ELIMINAR EL TURNO NOCTURNO EN UNA  
PANADERÍA”**

Presentado por:

HENRY PAUL BAIGORREA PRADO

TRABAJO DE SIFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

---

M.Sc. Gloria J. Pascual Chagman  
PRESIDENTE

---

PhD. Ritva A.M. Repo de Carrasco  
MIEMBRO

---

PhD. Laura D.R. Linares García.  
MIEMBRO

---

Mg.Sc. Carlos C.A. Elías Peñafiel  
ASESOR

Lima – Perú

2023

# ÍNDICE GENERAL

## RESUMEN

## *ABSTRACT*

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1.	PAN .....	3
2.2.	CÁMARA DE FERMENTACIÓN .....	9
2.2.1.	TIPOS DE CÁMARAS DE FERMENTACIÓN .....	9
2.3.	CALIDAD DEL AGUA .....	13
2.5.	EVALUACIÓN SENSORIAL .....	15
<b>III.</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>18</b>
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN .....	18
3.2.	INSUMOS .....	18
3.3.	MATERIALES Y EQUIPOS .....	18
3.3.1.	MATERIALES .....	18
3.3.2.	EQUIPOS .....	19
3.4.1.	ANÁLISIS DE LA EMPRESA .....	20
3.4.2.	ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS .....	20
3.4.3.	PREINSTALACIÓN E INSTALACIÓN DE LAS CÁMARAS DE FERMENTACIÓN CONTROLADA Y ABLANDADOR DE AGUA .....	20
3.4.4.	VERIFICACIÓN DEL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LAS CÁMARAS DE FERMENTACIÓN CONTROLADA .....	21
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>23</b>
4.1.	ANÁLISIS DE LA EMPRESA .....	23
4.2.	ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS .....	31

4.3.	PREINSTALACIÓN E INSTALACIÓN DE LAS CÁMARAS DE FERMENTACIÓN CONTROLADA .....	34
4.4.	VERIFICACIÓN DEL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LAS CÁMARAS DE FERMENTACIÓN CONTROLADA .....	36
4.5.	VALIDACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO TERMINADO: PAN FRANCÉS Y PAN CIABATTA .....	39
4.5.1.	PAN CIABATTA.....	39
4.5.2.	PAN FRANCÉS .....	40
4.6	APLICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS PROFESIONALES .....	41
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>45</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>46</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>48</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Fases del amasado .....	5
Tabla 2: Puntos de fusión de algunos azúcares .....	9
Tabla 4: Producción del año 2019 y proyección de crecimiento al año 2021 del turno noche 25	
Tabla 5: Producción del año 2019 y proyección de crecimiento al año 2021 del turno día 25	
Tabla 6: Control de parámetros de la cámara de fermentación controlada N° 1 .....	36
Tabla 7: Control de parámetros de la cámara de fermentación controlada N° 2.....	37
Tabla 8: Resultados prueba de triángulo para el producto: Pan ciabatta.....	40
Tabla 9: Resultados prueba de triángulo para el producto: Pan francés.....	40
Tabla 10: Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en el desempeño laboral.....	42
Tabla 11: Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en la implantación de cámaras de fermentación controladas.....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fermentación alcohólica .....	7
Figura 2: Ciclo automático programado de una cámara de fermentación controlada Colip 12	
Figura 3: Metodología experimental .....	19
Figura 4: Diagrama de flujo para la elaboración de pan ciabatta .....	28
Figura 5: Diagrama de flujo para la elaboración de pan fran .....	30
Figura 6: Distribución de áreas y equipos en el taller de producción en el año 2019 antes de la propuesta de mejora .....	31
Figura 7: Distribución recomendada de áreas y equipos en el taller de producción .....	33
Figura 8: Curva de relación de temperatura (°C) vs tiempo (h) de la cámara de fermentación controlada N° 1 .....	37
Figura 9: Curva de relación de temperatura (°C) vs tiempo (h) de la cámara de fermentación controlada N° 2 .....	38

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: FORMATO PRUEBA DISCRIMINATIVA TRIANGULAR .....	48
ANEXO 2: TABLA PARA LA PRUEBA DE TRIÁNGULO .....	49
ANEXO 3: TABLA DE MODELOS DE LA LÍNEA MATURPAN DE CÁMARAS DE FERMENTACIÓN CONTROLADA DE LA MARCA COLIP .....	50



## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en una panadería del distrito Carmen de la Legua en la provincia constitucional del Callao durante el año 2019 y utilizando su data actual y su proyección de crecimiento hacia el 2021, aquí se implementaron dos cámaras de fermentación controladas con el fin de eliminar el turno nocturno de la panadería. La implementación se realizó analizando e identificando que capacidad de cámaras de fermentación controlada necesita la panadería para producir el total de su producción diaria centrándose en la producción de pan francés y pan ciabatta. Se realizó una adecuada preinstalación de las cámaras de fermentación controladas identificando y cumpliendo los prerequisites para que los equipos puedan ser instalados correctamente y con un adecuado funcionamiento; además se realizó una redistribución de los equipos del taller de panadería para obtener un correcto flujo de operaciones, seguidamente se validaron los parámetros del proceso de fermentación como la temperatura, humedad relativa y el tiempo, todo dentro de la cámara de fermentación controlada. La metodología experimental aplicada fue de la siguiente manera: Análisis de la empresa, elaboración del diseño de distribución de equipos, preinstalación de las cámaras de fermentación controlada, verificación del buen funcionamiento de las cámaras de fermentación controlada y validación de las características organolépticas de los productos terminados (Pan francés y pan ciabatta) a través de un análisis sensorial. Los resultados obtenidos permitieron concluir que la implementación de las dos cámaras de fermentación controlada logró eliminar el turno nocturno de la panadería.

### **Palabras clave:**

Pan francés, pan ciabatta, fermentación directa, panadería.

## **ABSTRACT**

The present work was carried out in a bakery in the Carmen de la Legua district in the constitutional province of Callao during the year 2019 and using its current data and its growth projection towards 2021, here two controlled fermentation chambers were implemented in order to eliminate the night shift in the bakery. The implementation was done by analysing and identifying what capacity of controlled fermentation chambers the bakery needs to produce the total of its daily production focusing on the production of French bread and ciabatta bread. An adequate pre-installation of the controlled fermentation chambers was carried out by identifying and complying with the prerequisites so that the equipment could be installed correctly and with an adequate operation; in addition, a redistribution of the equipment of the bakery workshop was carried out to obtain a correct flow of operations, then the parameters of the fermentation process were validated, such as temperature, relative humidity and time, all within the controlled fermentation chamber. The experimental methodology applied was as follows: analysis of the company, elaboration of the equipment distribution design, preinstallation of the controlled fermentation chambers, verification of the proper functioning of the controlled fermentation chambers and validation of the organoleptic characteristics of the finished products (French bread and ciabatta bread) through sensory analysis. The results obtained led to the conclusion that the implementation of the two controlled fermentation chambers eliminated the night shift.

### **Key words:**

French bread, ciabatta bread, direct fermentation, bakery

## I. INTRODUCCIÓN

El pan es un alimento fundamental en muchas culturas en todo el mundo y es uno de los primeros alimentos elaborados por la humanidad. La fórmula elemental y ancestral para obtener masa para su elaboración es una mezcla de harina, agua, sal y levadura en proporciones relativamente variables (Lancetti, 2017). Desde muchos años atrás hasta la actualidad las panaderías en el Perú cuentan con la dificultad de la producción de los panes que se ofertan a la venta las primeras horas del día durante la mañana, y dependen de una producción y un horario nocturno que comienza en horas de la noche del día anterior. Esta programación provocaba varios sobrecostos y una dependencia de la asistencia del panadero, ya que su ausentismo conllevaba a una pérdida de la producción de panes del día siguiente.

Los sobrecostos generados son pagos de planilla en turno noche el cual corresponde a un 35% adicional, ausentismo laboral muy constante, alta rotación de personal provocando contratación de personal no muy calificado, dificultad en la adaptación del puesto de trabajo, falta de estandarización de los productos finales debido a un mínimo control de los parámetros de producción y errores en el correcto seguimiento del flujo de operaciones por desconcentraciones en la elaboración, así como también altas incidencias de accidentes laborales, entre otros. El obrero u operario que labora durante horario nocturno no podrá recibir una remuneración semanal, quincenal o mensual menor a la remuneración mínima mensual vigente a la fecha de pago con una sobretasa del treinta y cinco por ciento (35%) de ésta (Decreto Supremo N° 007-2002-TR, 2010).

Sin embargo, actualmente existe tecnología capaz de resolver este problema de la fermentación directa (no controlada) en el turno nocturno, extendiendo el tiempo de fermentación por más horas dándonos un mayor control y provocando que ya no sea necesario que los panaderos realicen el labrado y preparación del pan durante la noche si no durante horario diurno, realizándose la fermentación mediante un ciclo de temperaturas controladas, iniciando por un descenso de temperatura hasta bajo cero provocando un

detenimiento de la acción de la levadura para luego aumentar la temperatura de manera escalonada hasta llegar a la temperatura deseada de fermentación y desarrollo de la levadura. Según Verdegay (2000), la fermentación controlada combina la electricidad y la tecnología electrónica. Gracias a esta máquina la producción panadera puede realizarse a horas no nocturnas y retomarse a cualquier hora del día.

Según Morera (2017), una de las herramientas más preciosas que la modernidad ha puesto al servicio de la panadería es, sin duda, la tecnología del frío. El frío nos hace la vida más fácil y hasta puede mejorar nuestros horarios de trabajo. Nos ayuda, también, en la logística y organización del trabajo. Por lo tanto, la implementación de una cámara de fermentación controlada nos da un mayor dominio de los parámetros que intervienen en la fermentación panadera, como lo son la temperatura, el porcentaje de humedad relativa y en este caso el parámetro más importante: el tiempo.

Es por ello que este trabajo tuvo como objetivos:

- Implementar dos cámaras de fermentación controlada para eliminar el turno nocturno en una panadería.
- Analizar e identificar qué capacidad de cámara o cámaras de fermentación controlada necesita la panadería para el total de su producción de panes diaria.
- Realizar una redistribución de los equipos del taller de panadería para obtener un correcto flujo de operaciones.
- Realizar una adecuada preinstalación de las cámaras de fermentación controladas identificando los prerequisites para que los equipos puedan ser instalados correctamente.
- Validar los parámetros del proceso de fermentación en la cámara de fermentación controlada.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. PAN**

Según INDECOPI (2011), el pan es el producto obtenido por la cocción de una masa debidamente desarrollada por un proceso de fermentación, hecha con harina de trigo; la masa desarrollada es el resultado obtenido de la mezcla de la esponja con los demás ingredientes en un proceso de fermentación, la esponja es la masa que al pasar por un proceso de fermentación alcohólica alcanza un grado óptimo de madurez y elasticidad.

#### **2.1.1. PRINCIPALES INSUMOS DEL PAN**

Según Mesas y Alegre (2002), los insumos usados para la elaboración de pan común son principalmente harina, agua, sal y levadura los cuales se describen a continuación:

##### **a. HARINA**

La harina es el producto obtenido de la molienda del endospermo del grano de trigo limpio, si se trata de otros granos de cereales o leguminosas se tiene que indicar, por ejemplo: harina de maíz, harina de cebada, etc. El 85% de las proteínas en la harina son gliadinas y gluteninas, proteínas insolubles que tiene la capacidad para aglutinarse cuando se mezclan con agua dando origen a una red o malla que recibe el nombre de gluten (Mesas y Alegre, 2002).

## **b. AGUA**

El agua en la panificación posibilita el acondicionamiento y formación del gluten, disuelve los ingredientes sólidos, regula y controla la temperatura de la masa y los tiempos de fermentación, y es responsable de la humedad y del volumen del pan. La concentración ideal de sales en agua para panificación es de 50 a 200 ppm (Ludeña, 2011).

## **c. SAL**

Según Ludeña (2011), la función de la sal son dar y resaltar el sabor del pan, fortalecer el gluten de la masa y controlar la fermentación, modifica el color de la corteza y previene el crecimiento de bacterias.

## **d. LEVADURA**

La levadura es una masa constituida por microorganismo que actúa como fermento, estos microorganismos son los responsables de la fermentación alcohólica la cual confiere al pan las características organolépticas (Mesas y Alegre, 2002). La levadura en panificación está constituida por células del hongo *Saccharomyces cerevisiae*.

### **2.1.2. PRINCIPALES ETAPAS EN LA ELABORACIÓN DEL PAN**

#### **a. MEZCLADO Y AMASADO**

Según Morera (2017) en el amasado se producen tres fenómenos distintos y complementarios. Por una parte, se mezclan progresivamente los distintos componentes de la formulación, en segundo lugar, los componentes secos de la formulación se hidratan progresivamente dando inicio a reacciones bioquímicas (acción enzimática y fermentación)

y, por último, se empieza a formar y desarrollar el gluten de la masa, a partir del momento en que las proteínas de la harina se hinchan y entrelazan al entrar en contacto con el agua, formando las cadenas de gluten las cuales al estar expuestas a la fuerza del amasado se van entrelazando y superponiendo entre ellas y van tejiendo la red de gluten que da estructura a la masa.

En la Tabla 1, se presentan las fases de amasado y el objetivo de cada fase.

**Tabla 1: Fases del amasado**

Fases del amasado	Objetivo del amasado
Mezclado	Mezclado
Reposos (Autolisis)	Hidratación y formación del gluten
Desarrollo	Desarrollo final del gluten

FUENTE: Morera (2017)

A continuación, se describen los principales parámetros que se debe controlar en un amasado según Morera (2017):

- Orden de incorporación de los ingredientes: Cada panadería tiene sus consideraciones para establecer el orden, sin embargo, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones: El agua para la hidratación no debe sobrepasar más de un 70-75%, el resto del agua se añade progresivamente a medida que se vaya desarrollando la masa; la sal se añade al final del amasado ya que dificulta la unión de las proteínas insolubles de la harina y reduce ligeramente la absorción del agua de las proteínas; la levadura se recomienda añadir lo más tarde posible para evitar que la fermentación empiece durante la fase de amasado; materias grasas como la leche y como el azúcar se recomienda añadirlos durante el inicio y grasas u mantecas se deben añadir paulatinamente ya que dificultan la formación de la malla glutínica.

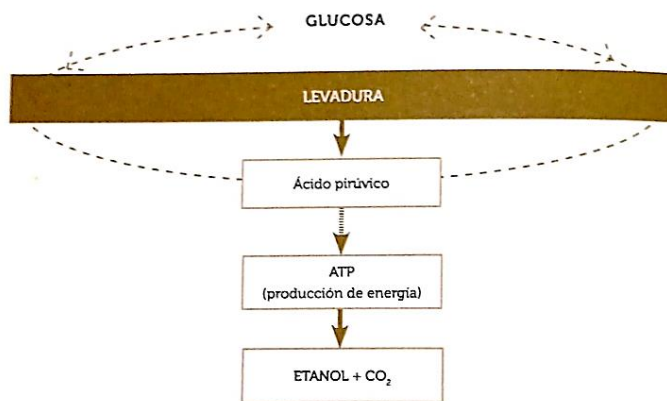
- Velocidades de amasado: En la fase de mezclado se trabaja con velocidad baja para que puedan hidratarse las proteínas de la harina, por lo tanto, se considera que el tiempo mínimo a baja velocidad debe ser de 5 o 6 minutos.
- Temperatura final de la masa: El control de esta temperatura es un elemento clave y como norma general se puede afirmar que la temperatura ideal oscila entre 24-26°C.
- Desarrollo de la masa y el tiempo para conseguirlo: El parámetro más relevante es el desarrollo del gluten cuyo proceso es como una curva en la que al sobrepasar el cenit, el gluten empieza a sobre desarrollarse, perdiendo estructura (elasticidad) y volviéndose extremadamente extensible, cuando pasa esto la masa se torna muy pegajosa y brillante, señal que el gluten ha empezado a soltar agua por el exceso de amasado; el tiempo para conseguirlo va depende del tipo de harina usada, la cantidad de agua en la fórmula y la fermentación.

## **b. FERMENTACIÓN**

Según Morera (2017), existen dos tipos de fermentación en el pan, en función de microorganismo que la lleve a cabo: la alcohólica y la ácido-láctica. En productos fermentados a base de levadura comercial (con cepas *Sacharomyces cerevisiae*), la fermentación alcohólica es la única, mientras que en panes elaborados a través de masas madre de cultivo, coexisten los dos tipos de fermentación

La fermentación alcohólica cuyo esquema se presenta en la Figura 1, es un proceso anaeróbico realizado principalmente por las levaduras y que se basa en la glucólisis. Estos microorganismos transforman el sustrato, la glucosa en dos componentes principales: alcohol etílico (etanol) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). La fermentación alcohólica comienza después de que la glucosa entre en la célula, se transforme en ácido pirúvico con producción de energía ATP, y se convierte en etanol desprendiendo CO<sub>2</sub> en un proceso posterior.





**Figura 1: Fermentación alcohólica**

FUENTE: Morera, (2017)

Los principales objetivos de la fermentación son: aumentar el volumen de las piezas, conseguir una textura fina y ligera, y producir aromas que otorguen características propias a los panes.

Según Sánchez (2003), en toda fermentación panaria se producen tres etapas fundamentales. Nunca debemos considerar que el tiempo de fermentación es el tiempo de estancia de la pieza en la cámara de fermentación, ya que la fermentación comienza desde el momento en que se agrega la levadura a la amasadora.

*1ª Etapa:* Es una fermentación sumamente rápida que dura relativamente muy poco tiempo. Se inicia en la amasadora al poco tiempo de agregar la levadura, ya que comienza con la metabolización de los azúcares libres existentes en la harina.

*2ª Etapa:* Es la etapa más larga y aunque en muchos de los casos la actividad de las enzimas diastásicas empiezan muy pronto, su etapa degradatoria es larga. Se considera esta etapa en la que las amilasas, glucosidasas y amiloglucosidasas ejercen su acción sobre el almidón.

Es en esta etapa donde se realiza la mayor cantidad de fermentación alcohólica, pero también donde comienzan a producirse las distintas fermentaciones complementarias. Este tiempo puede comprender desde el inicio del reposo de la pieza hasta la fermentación en cámara, siendo estos tiempos bastante largos.

*3ª Etapa:* Es una corta etapa de fermentación, aunque tiene mucho que ver con el tamaño de la pieza, ya que termina cuando el interior de la pieza de pan posee 55 °C, pues a esta temperatura las células de levadura mueren.

### **c. HORNEADO O COCCIÓN**

El objetivo de la cocción es la transformación de la masa del pan, en la cual según Mesas y Alegre (2002), se da la evaporación de todo el etanol producido en la fermentación, la evaporación de parte del agua, coagulación de las proteínas, la transformación del almidón en dextrinas y azúcares menores y el pardeamiento de la corteza.

El proceso de pardeamiento según Morera (2017), es el resultado de la reacción de Maillard y la caramelización, donde la primera tiene lugar entre azúcares reductores (glucosas, fructosas, maltosas, otro) y aminoácidos de la harina (lisina, tianina, otros) en presencia de calor y se obtienen productos de la fragmentación de los azúcares como furanos, piranos, ciclopentano, carbonilos y ácidos, de la degradación de los aminoácidos se obtiene aldehídos y compuestos azufrados y de las reacciones secundarias se obtienen pirroles, piridinas, imidazoles, oxasoles, tiazoles y compuestos de condensación aldólica. La caramelización por otro lado sucede cuando los azúcares se calientan por encima de su punto de fusión que se presentan en la Tabla 2, lo cual da lugar a la aparición de reacciones de enolización, deshidratación y fragmentación.

**Tabla 2: Puntos de fusión de algunos azúcares**

Azúcar	Punto de fusión
Fructosa	~103°C
Galactosa	~167°C
Glucosa	~146°C
Maltosa	~102°C
Sacarosa	~160°C

FUENTE: Morera, (2017)

## **2.2. CÁMARA DE FERMENTACIÓN**

### **2.2.1. TIPOS DE CÁMARAS DE FERMENTACIÓN**

#### **a. CÁMARA DE FERMENTACIÓN DIRECTA**

Según Salva (2017), las cámaras de fermentación directa son equipos que cuentan con un sistema interno llamado convector que genera humedad y calor alternativamente de manera continua para proporcionar las condiciones idóneas para la fermentación. La estructura de la cámara está compuesta por paneles de SANDWICH de poliuretano inyectado, de alta densidad, con 60 mm en laterales y techo. El vapor se genera por diferencia de potencial, lo que reduce el gasto energético al no tener que mantener caliente el agua en todo momento. La temperatura y humedad pueden regularse para adecuar el ambiente a las necesidades del usuario. El rango de uso va desde la temperatura ambiente y 40 °C, y humedad regulable entre 0 y 90%.

#### **b. CÁMARA DE FERMENTACIÓN CONTROLADA**

Según Astudillo (2010), a través de los años los panaderos han buscado la manera de alargar la vida operativa de la masa de pan, ya que esta se encuentra limitada por procesos naturales como la fermentación de la levadura y la relajación estructural del gluten. Con el objetivo

de obtener una mayor eficiencia en la producción del pan, se emprendió una búsqueda de nuevos métodos para controlar la vida de la masa y como resultado se obtuvo el método de la fermentación controlada.

Tomando en cuenta que la fermentación de la levadura disminuye significativamente al reducirse la temperatura de la masa, es de suponer que en el método de fermentación controlada se hable de la aplicación de temperaturas de refrigeración. En otras palabras, si la temperatura de la masa se reduce lo suficiente, la fermentación de la levadura cesará por completo y dicha masa se podrá mantener en lo que se aproxima a un estado de suspensión. Los experimentos iniciales sobre la refrigeración de las masas condujeron al desarrollo del proceso que se conoce como “fermentación controlada” que hace uso de un equipo de refrigeración especial llamado “cámara de fermentación controlada”.

Se puede concluir definiendo que la fermentación controlada es un método de fabricación adaptado a las masas de pan, que permite regular el proceso fermentativo del producto, mediante la variación de la temperatura y la humedad. Obteniendo como resultado que se elimine la mayor parte del trabajo nocturno de los panaderos. Este método requiere una refrigeración y calentamiento de manera programada de las masas de pan, frenando la actividad de las levaduras y la gasificación de las piezas a bajas temperaturas.

Según Colip (2018) la fermentación controlada es un proceso automático programado para la fermentación de las masas de pan y pastelería en el tiempo deseado. Además, nos da las siguientes ventajas:

- Permite de mejorar la organización productiva, hasta eliminar el trabajo nocturno y festivo.
- Perfecciona la calidad, la uniformidad, el sabor y el aroma del producto, conservando todos los valores nutricionales.
- Reduce los tiempos y los costes de producción, renovando la metodología del trabajo, con gran flexibilidad.

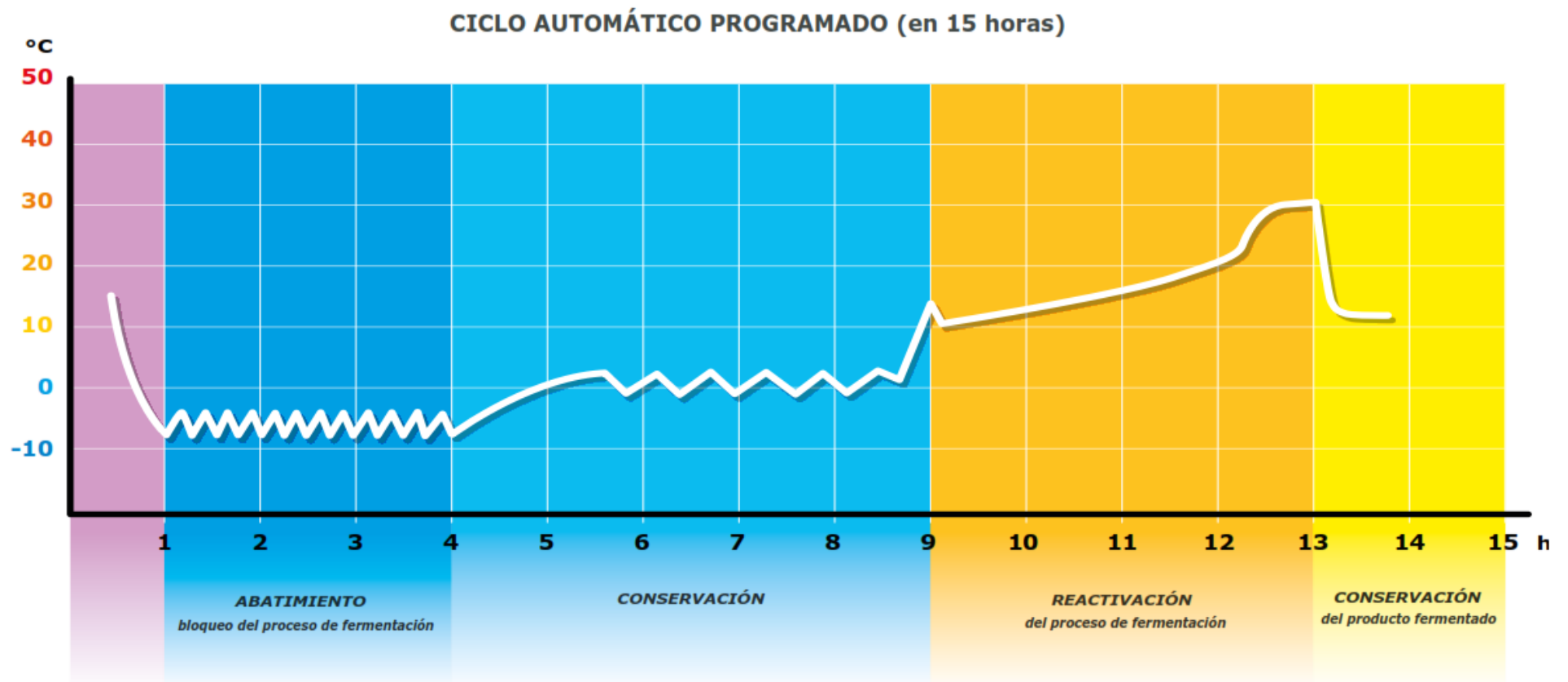
- Hace mucho más ligera y más rentable la labor profesional del panadero y del pastelero.

### **2.2.2. CÁMARA DE FERMENTACIÓN CONTROLADA MARCA COLIP LÍNEA MATURPAN MODELO CFLP 1P3CA**

Según Colip (2018), la fermentación controlada es igual a la fermentación programada, donde la programación es un verdadero instrumento de organización y control de la producción. Diseñado por Colip y construido con electrónica profesional, el MICRO C.10 cuadro de mandos con microprocesador asegura el perfecto desarrollo del producto, gracias al riguroso control de los tiempos, temperaturas y humedad en las distintas fases de trabajo:

- 1ra. Fase: BLOQUEO del proceso de fermentación (hasta 6 horas).
- 2da. Fase: CONSERVACIÓN, hasta 72 horas.
- 3ra. Fase REACTIVACIÓN, del proceso de fermentación, con calor y humedad controlados, respetando el tipo de producto.
- 4ta. Fase: CONSERVACION; del producto ya fermentado (por 5-10 horas o más, según la tipología).

La figura 2 permite observar el ciclo automático de fermentación controlada de una cámara Colip programado para quince horas.



**Figura 2: Ciclo automático programado de una cámara de fermentación controlada Colip**

FUENTE: Colip, (2018).

Según Colip (2018), la cámara de fermentación controlada Colip Línea Maturpan modelo CFLP 1P3CA Serie 125A tiene las siguientes características:

- Interior en acero inoxidable
- Exterior en PET
- Espesor de aislamiento 8 cm
- Suelo aislado de 2 cm en acero inox liso
- Rampa exterior en acero inox
- Potencia: 1 1/8 HP
- Refrigerante: R404A
- Temperatura: -12/+40 °C
- Humedad Relativa: 75 – 95 % H.R.
- Capacidad: 6 carros sencillos de 46 x 71 x 195 h c/u. máx.
- Alimentación eléctrica: 220 V / 3 pH / 60 Hz

### **2.3. CALIDAD DEL AGUA**

Según Neira (2006), el agua es una sustancia ampliamente utilizada en la industria, desempeñando diversas funciones como producción de energía por vaporización, transferencia de calor, fabricación de productos, transporte de materias primas, lavado, entre otras; por lo cual las concentraciones de calcio y magnesio en el agua industrial juegan un papel fundamental, ya que pueden causar problemas como incrustación o corrosión de tuberías. Por este motivo el agua debe someterse generalmente a una serie de procesos que la acondicionen o la ablanden, con el fin de lograr una eficiencia y costos óptimos para la producción.

### **2.3.1. TIPOS DE DUREZA DEL AGUA**

#### **a. DUREZA TEMPORAL**

La dureza temporal se produce por carbonatos y puede ser eliminada al hervir el agua o por la adición de cal (hidróxido de calcio). El bicarbonato de calcio es menos soluble en agua caliente que en agua fría, así que al hervir se precipitará el carbonato de calcio fuera de la solución, dejando el agua menos dura (Rodríguez, 2009).

Los carbonatos pueden precipitar cuando la concentración de ácido carbónico disminuye, con lo que la dureza temporal también se ve disminuida, y si el ácido carbónico aumenta puede incrementar la solubilidad de fuentes de carbonatos, como piedras calizas, con lo que la dureza temporal aumenta. Todo esto está en relación con el pH de equilibrio de la calcita y con la alcalinidad de los carbonatos (Rodríguez, 2009).

#### **b. DUREZA PERMANENTE**

Esta dureza no puede ser eliminada al hervir el agua, es usualmente causada por la presencia del sulfato de calcio y magnesio o cloruros en el agua, los cuales son más solubles mientras sube la temperatura. También es llamada “dureza de no carbonato” (Rodríguez, 2009).

### **2.3.2. CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN GRADO DE DUREZA**

Según la clasificación de la organización Mundial de la Salud (OMS), se define como agua blanda la que presenta concentraciones inferiores a 60 mg/L de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), medianamente dura entre 61 y 120 mg/L, dura entre 121 y 180 mg/L y muy dura aquella con valores superiores a 180 mg/L (Neira, 2006).



## **2.4. ABLANDADORES DE AGUA POR INTERCAMBIO IONICO**

Según Merinsac (s.f.), los ablandadores de agua por intercambio iónico son el método más eficiente y económico para eliminar la causante del sarro, tanto en el hogar como en la industria. Un ablandador por intercambio iónico reemplaza los iones de magnesio y calcio presentes en el agua por iones mucho más benignos, en general de sodio. Este proceso elimina la causa del problema completamente eliminando los minerales perjudiciales.

El intercambio de iones se produce cuando el agua pasa a través de un tanque lleno de pequeñas esferas hechas de un polímero orgánico insoluble llamado resina de intercambio iónico. Las esferas tienen una carga eléctrica negativa y atraen a los iones de calcio, magnesio y hierro presentes en el agua los cuales tienen una carga positiva. Después de haber quitado minerales perjudiciales de varios miles de litros de agua, la resina comienza a saturarse. En este momento el ablandador necesita entrar en un ciclo de regeneración de la resina para seguir funcionando correctamente (Merinsa, s.f.).

Por lo tanto, previene la formación y el depósito de sarro en grifería, cañerías, termas, calderas, electrodomésticos y maquinarias que este en contacto con el agua, protegiéndolos y prolongando su vida útil (Merinsa, s.f.).

## **2.5. EVALUACIÓN SENSORIAL**

Según la División de Evaluación Sensorial del Instituto de Tecnólogos de los Alimentos (1975), el análisis sensorial es la rama de la ciencia utilizada para obtener, medir, analizar e interpretar las reacciones a determinadas características de los alimentos y materiales, tal y como son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Ibáñez y Barcina, 2001).

La aplicación del análisis sensorial en la industria alimentaria es muy amplia y puede ser utilizada de forma potencial en distintas áreas como producción, ventas, control de calidad y desarrollo de un nuevo producto.

### 2.5.1. CLASIFICACIÓN Y OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL

Según Ibáñez y Barcina (2001); existen tres tipos de pruebas sensoriales y cada una de ellas persigue diferentes objetivos y requiere ciertas características de los panelistas, en la Tabla 3 se presenta un esquema de la clasificación de las pruebas y otras características.

**Tabla 3: Clasificación de las pruebas sensoriales**

Clasificación	Objetivo	Preguntas de interés	Tipo de prueba	Características de los panelistas
Discriminatoria	Determinar si dos productos son percibidos de manera diferente por el consumidor	¿Existen diferencias entre los productos?	Analítica	Reclutados por agudeza sensorial, orientados al método usado, algunas veces entrenados.
Descriptiva	Determinar la naturaleza de las diferencias sensoriales.	¿En qué tipos de características específicas difieren los productos?	Analítica	Reclutados por agudeza sensorial y motivación, entrenados o altamente entrenados.
Afectiva	Determinar la aceptabilidad de consumo de un producto	¿Qué productos gustan más y cuáles son los preferidos?	Hedónica	Reclutados por uso del producto, no entrenados.

FUENTE: Ibáñez y Barcina (2001)

## **2.5.2. PRUEBAS DISCRIMINATIVAS**

El objetivo de las pruebas discriminativas es determinar si hay diferencia entre dos o más muestras, en estas pruebas se tienen las pruebas de comparación pareada, la prueba triangular, la prueba dúo trio y otros.

### **- Prueba triangular**

En esta prueba se presentan a la vez tres muestras, de las cuales dos son iguales y una es diferente, el objetivo de esta prueba es que los jueces o panelistas sean capaces de observar esta diferencia.

Según Liria (2007), el procedimiento consiste en presentar las muestras a cada juez correctamente identificadas y aleatorizadas para lo cual se emplean diferentes secuencias de muestras: BAA, ABA, AAB, ABB, BAB, BBA y se les solicita a los jueces, que indiquen la muestra que es diferente.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

La presente implementación se ejecutó en el taller de elaboración de panes perteneciente a la panadería PARIONA ubicada en el distrito de Carmen de la Legua en La Provincia Constitucional del Callao (Perú).

#### **3.2. INSUMOS**

- Agua
- Harina panadera especial (marca Nicolini)
- Sal (marca Marina)
- Azúcar rubia (marca Cartavio)
- Levadura fresca (marca Fleischmann)
- Mejorador (marca Fleischmann)
- Manteca (marca Famosa)
- Agua mineral (San Luis)

#### **3.3. MATERIALES Y EQUIPOS**

##### **3.3.1. MATERIALES**

- Mesa de trabajo de acero inox
- Coches de horno rotativo
- Kit de medición de ppm de sales en agua
- Formato prueba discriminativa triangular

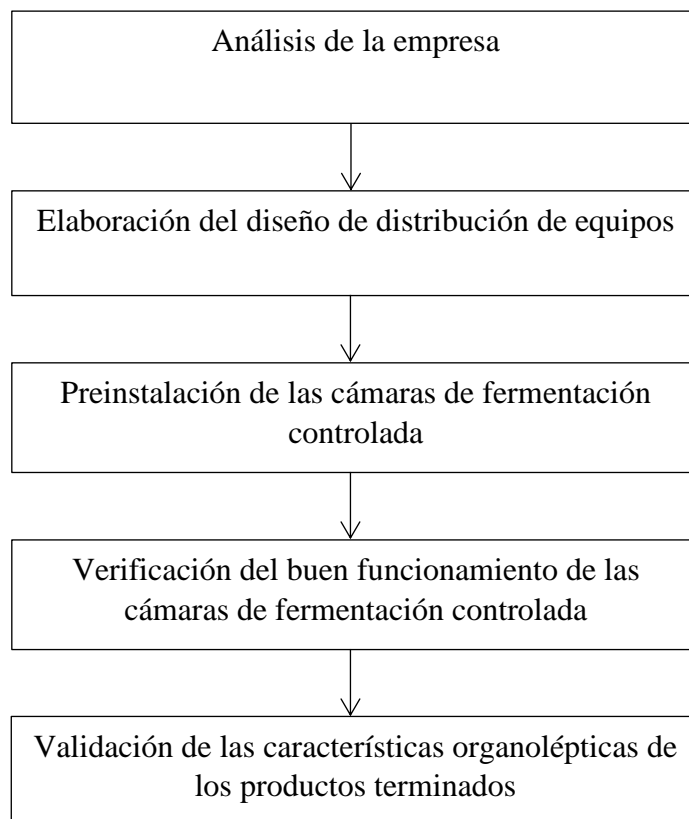
- Papel bond A4
- Lapiceros

### 3.3.2. EQUIPOS

- Cámaras de fermentación controlada (marca Colip)
- Ablandador de agua (marca Pentair)
- Horno rotativo de panadería (marca Nova)
- Amasadora de espiral (marca Nova)
- Divisora de pedestal (marca Nova)
- Rola sobadora (marca Nova)

### 3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La metodología seguida se presenta en la Figura 3.



**Figura 3: Metodología experimental**

### **3.4.1. ANALISIS DE LA EMPRESA**

Para realizar el análisis de la empresa se realizó una entrevista al dueño de la panadería siguiendo los siguientes puntos mencionados a continuación:

- Descripción de la empresa.
- Reconocimiento de la situación del año 2019 de la empresa.
- Identificación de los tipos de panes que produce la panadería
- Identificación de la producción de panes del año 2019 y su proyección de crecimiento a mediano plazo (2 años).
- Determinación de la capacidad de la cámara o cámaras de fermentación controlada.
- Identificación de los flujos de operaciones de los panes crocantes del año 2019 sin cámaras de fermentación controlada.
- Identificación de las formulaciones de los panes crocantes del año 2019 sin cámaras de fermentación controlada.

### **3.4.2. ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS**

- Análisis de la distribución actual de equipos dentro del taller de panadería.
- Recomendación de una redistribución de equipos en el taller de panadería incorporando las cámaras de fermentación controlada.

### **3.4.3. PREINSTALACIÓN E INSTALACIÓN DE LAS CÁMARAS DE FERMENTACIÓN CONTROLADA Y ABLANDADOR DE AGUA**

- Visita técnica realizada por el área técnica calificada donde se indicaron los prerrequisitos necesarios para la instalación de las cámaras de fermentación controlada.
- Preinstalación previa a la entrega y traslado de las cámaras de fermentación controlada para confirmar que se hayan realizado correctamente las indicaciones de los prerrequisitos necesarios para la instalación.

- Instalación y puesta en marcha de las cámaras de fermentación controlada de acuerdo a las indicaciones de fábrica y del área técnica.

#### **3.4.4. VERIFICACIÓN DEL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LAS CÁMARAS DE FERMENTACIÓN CONTROLADA**

- Verificación de los parámetros de las cámaras de fermentación controlada: temperatura, humedad relativa y tiempo de fermentación.
- Seguimiento a los parámetros temperatura, humedad relativa y tiempo desde el inicio hasta el final de la fermentación verificando el cumplimiento de los parámetros de acuerdo a la curva de fermentación controlada de los equipos.
- Marcha blanca con producto siguiendo los flujos de operaciones establecidos para cada producto.
- Revisión visual del desarrollo del volumen de los panes al terminar la fermentación.

#### **3.4.5. VALIDACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO TERMINADO: PAN FRANCÉS Y PAN CIABATTA**

Se realizó pruebas discriminativas para evaluar los productos terminados, donde el objetivo principal fue que los trabajadores de la empresa y los consumidores determinen si existen diferencias entre las muestras de pan elaborados con su proceso normal (sin usar cámara de fermentación controlada) y elaborados con el proceso donde incluyen cámaras de fermentación controlada.

El tipo de prueba discriminativa empleada fue Prueba de triángulo, para lo cual se presentó dos muestras iguales y una diferente y se solicitó al panelista que identifique la muestra diferente respecto al aspecto general en el cual se consideró la presencia de greña, color, tamaño, sabor y crocancia.

El panelista recibió tres muestras codificadas con tres dígitos para cada tipo de pan, el orden de la presentación fue al azar y el formato de evaluación se presenta en el Anexo 1.

Los resultados de la prueba sensorial fueron analizados con un nivel de significancia de 0.05 empleando la Tabla del Triángulo la cual se presenta en el Anexo 2.



## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. ANALISIS DE LA EMPRESA**

#### **4.1.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE LA EMPRESA**

La Panadería Pariona es una empresa familiar dedicada a la preparación y venta de panes comerciales, inició sus labores el año 2016 con la adquisición de equipos básicos de panificación que fueron ubicados dentro del primer piso de la casa familiar y un punto de venta al público en la misma. Se acompañó su crecimiento con distribución de panes a las bodegas cercanas comercializando panes embolsados.

La venta de panes fue creciendo poco a poco hasta llegar a un punto donde se vieron obligados a tomar decisiones de crecimiento e implementación de nuevos equipos que facilite su operatividad de producción.

Desde el año 2016 la empresa tiene dos turnos de trabajo, turno día y turno noche.

#### **4.1.2. RECONOCIMIENTO DE LA SITUACIÓN DEL AÑO 2019 DE LA EMPRESA**

La empresa producía panes crocantes como francés y ciabatta, y semidulces como yema, caracol y hamburguesa, y esta se encontraba en una situación de proyección de crecimiento a corto y mediano plazo de manera sostenida durante los años anteriores. Sin embargo, tenía una serie de problemas que limitaban el cumplimiento de su producción diaria. Uno de ellos y el más importante es que dependía de la mano obra de sus operarios del turno noche, ya que ellos eran los responsables de la producción de los panes crocantes (pan francés y pan

ciabatta) de las primeras horas del día; esto debido a que tenía muchas inasistencias nocturnas, lo cual provocaba un desabastecimiento en su producción de los panes de la mañana, estas inasistencias eran intermitentes y no se tenía un control estricto de la producción. Los panes semidulces podían manejarse con producción del turno día debido a que no pierden sus características organolépticas en las horas próximas a su horneado debido a que, al añadir contenido graso o azúcares en la formulación, (mantequilla, leche, aceite, azúcar...) se disminuye notoriamente el crujiente de la corteza del pan. Eso sucede debido a que se acelera su coloración (principalmente con la adición de azúcar), lo que minimiza su grosor. Por otro lado, las grasas hacen reblandecer esta fina corteza de un modo mucho más rápido (Morera, 2017). sin embargo, los panes crocantes como el pan francés y el pan ciabatta no pueden almacenarse durante más de cuatro horas, ya que rápidamente pierden sus características organolépticas como la crocancia.

Otro problema eran los sobrecostos que le generaba el pago de su planilla del turno noche, ya que este tenía un costo de aproximadamente un 45% adicional a lo del turno de día ya que también involucraba un horario más extenso de trabajo durante la noche.

A raíz de la situación planteada se determinó que la empresa requiere de la implementación de cámaras de fermentación controlada para así eliminar el turno noche y enfocarse en la producción total durante el horario de día. Por lo tanto, los panes crocantes fueron elegidos como objeto de análisis para la implementación de las cámaras de fermentación controlada.

#### **4.1.3. IDENTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PANES DEL AÑO 2019 Y SU PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO A MEDIANO PLAZO**

El horno que tenía la panadería era uno de la marca Nova modelo MAX 1000 con una capacidad de un coche de 18 bandejas de dimensiones de 65 cm por 45 cm y en cada bandeja entran 24 panes, de cualquiera de los tipos de panes que produce la panadería.

El dueño de la empresa ha proyectado crecer hasta el doble de su producción del 2019 para dentro de un par de años basándose en la experiencia de sus ventas anteriores y crecimiento previo. En la Tabla 4 y 5 se presentan dichas proyecciones para el año 2021 correspondiente al turno noche y día respectivamente.

**Tabla 4: Producción del año 2019 y proyección de crecimiento al año 2021 del turno noche**

Tipos de panes	Producción 2019		Proyección de crecimiento 2021	
	Cantidad de panes (Und)	Número de coches	Cantidad de panes (Und)	Número de coches
Pan francés	1296	3	2592	6
Pan ciabatta	1296	3	2592	6
Pan de yema	0	0	0	0
Pan caracol	0	0	0	0
Pan hamburguesa	0	0	0	0

**Tabla 5: Producción del año 2019 y proyección de crecimiento al año 2021 del turno día**

Tipos de panes	Producción 2019		Proyección de crecimiento 2021	
	Cantidad de panes (Und)	Número de coches	Cantidad de panes (Und)	Número de coches
Pan francés	648	1.5	1296	3
Pan ciabatta	648	1.5	1296	3
Pan de yema	864	2	1728	4
Pan caracol	864	2	1728	4
Pan hamburguesa	864	2	1728	4

Como se observa en la Tabla 4 en el turno noche donde solo se producen panes del tipo francés y ciabatta, se proyecta un crecimiento de tres coches en el 2019 a seis para el 2021;

y en el turno día donde además se produce otros tipos de panes como yema caracol y hamburguesa se proyecta un crecimiento de dos coches a cuatro.

#### **4.1.4. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA CÁMARA O CÁMARAS DE FERMENTACIÓN CONTROLADA.**

Para este análisis se consideró como productos de estudio a los panes crocantes (pan francés y pan ciabatta). Basándonos en la producción del 2019, mencionada en la tabla 1, pudimos notar que la producción del 2019 del turno noche es de seis coches en total y la proyección de crecimiento para el 2021 es duplicarla dando un total de doce coches.

En el Anexo 3 (Dimensiones y capacidades de la cámara de fermentación controlada Colip) donde se aprecian los diferentes modelos y capacidades de las cámaras de fermentación controlada de la línea Maturpan de la marca Colip, se puede observar que las cámaras que mejor se adaptan a estas capacidades son los modelos de la Serie 125, CFLP 1P3CA de capacidad para seis coches de panes y con dimensiones internas de 97 cm de ancho, 214 cm de profundidad y 195 cm de alto, y CFLP 2P6CA de capacidad para doce coches de panes y con dimensiones internas de 216 cm de ancho, 209 cm de profundidad y 195 cm de alto.

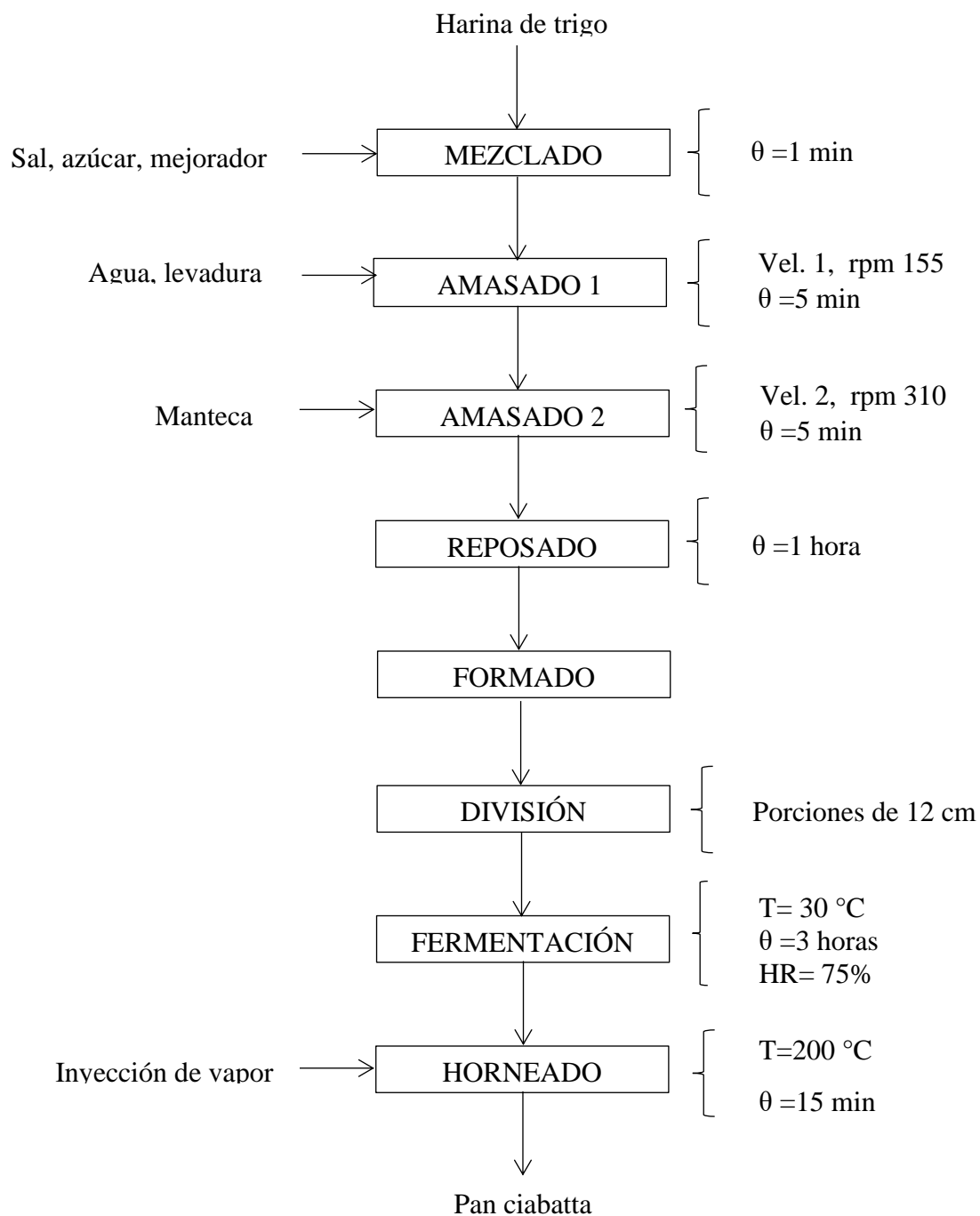
Para la decisión final de la cámara más adecuada se le recomendó al dueño de la panadería elegir dos cámaras de fermentación controlada Serie 125 modelo CFLP 1P3CA, ya que así en un futuro él podría tener diferentes cámaras con diferentes parámetros de fermentación para productos variados, y no limitarse a una sola cámara con productos de los mismos parámetros de fermentación.

#### **4.1.5. IDENTIFICACIÓN DEL FLUJO DE OPERACIONES DE LOS PANES CROCANTES DEL AÑO 2019**

##### **a. FLUJO DE OPERACIONES PARA ELABORACIÓN DE PAN CIABATTA**

A continuación, se describen cada una de las operaciones para la elaboración de pan ciabatta, cuyo diagrama de flujo se presenta en la Figura 4:

- **MEZCLADO:** Se mezclaron en la amasadora en primera velocidad todos los insumos secos como la harina de trigo, la sal, azúcar y el mejorador de masas durante un minuto.
- **AMASADO 1:** Se añadieron a la amasadora el agua y la levadura fresca, y se amasó en primera velocidad durante cinco minutos.
- **AMASADO 2:** Se añadió la manteca a la amasadora y se amasó en segunda velocidad durante 7 minutos hasta llegar al punto liga.
- **REPOSADO:** Se retiró la masa de la amasadora y se dejó reposando sobre madera durante una hora, se faldeó la masa a la media hora del inicio del reposo.
- **FORMADO:** La masa reposada se formó en tiras de aproximadamente 5 cm de ancho y del largo de la masa desmasificándola con los dedos.
- **DIVIDIDO:** Las tiras formadas previamente fueron cortadas en tamaños de 12 cm de largo aproximadamente hasta darle la forma del pan ciabatta.
- **FERMENTACIÓN:** Los panes formados y divididos se colocaron sobre bandejas de madera y cubiertas con plástico poligrasa dentro del taller de panadería y con los parámetros de temperatura y humedad del ambiente durante un tiempo aproximado de tres horas para luego ser volteados sobre bandejas de aluminio del coche de horneado.
- **HORNEADO:** Se horneó el coche de pan durante 15 minutos y a una temperatura de 200 °C en un horno rotativo. Durante los 10 segundos iniciales se inyectó vapor.

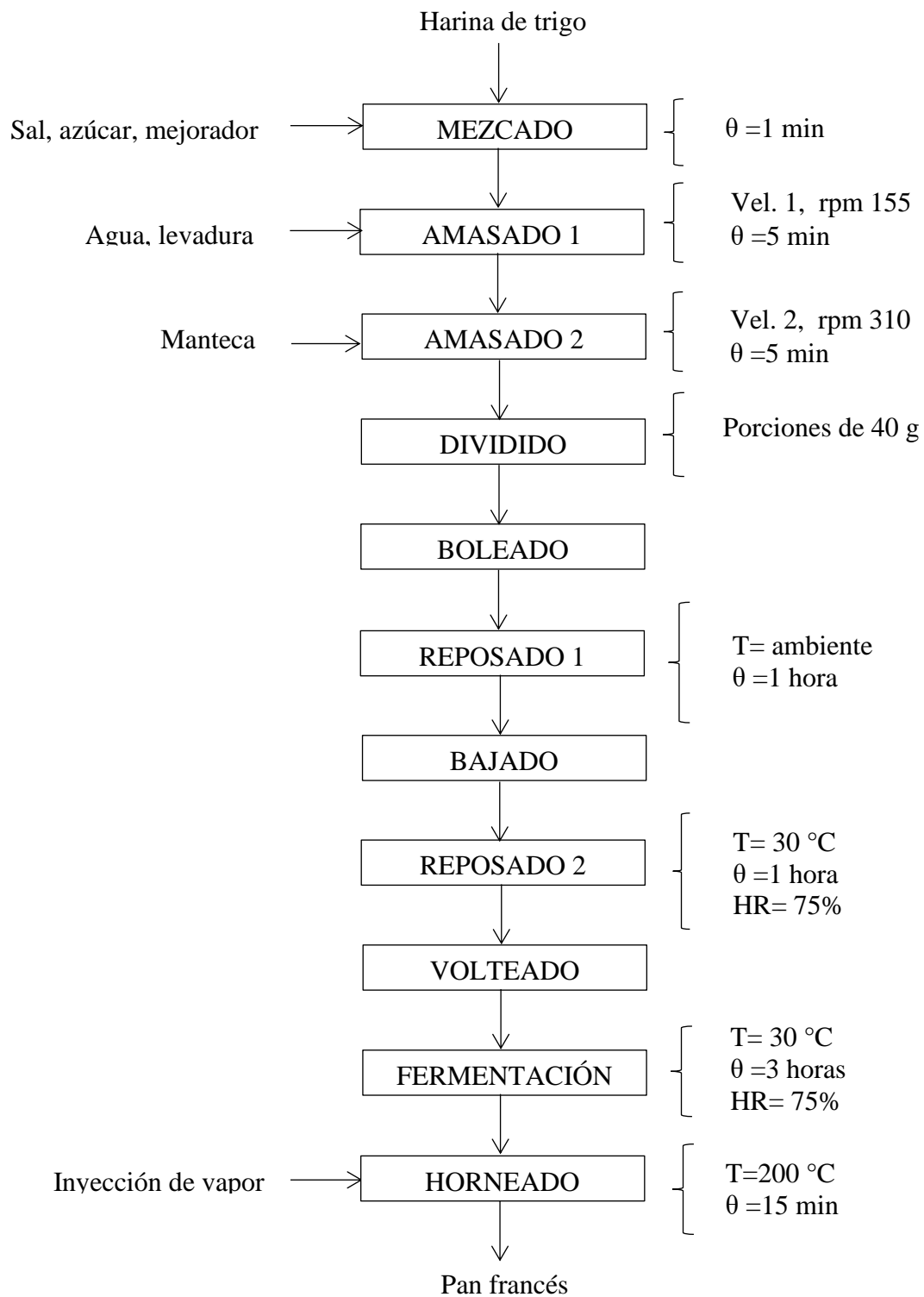


**Figura 4: Diagrama de flujo para la elaboración de pan ciabatta**

## **b. FLUJO DE OPERACIONES PARA ELABORACIÓN DE PAN FRANCÉS**

A continuación, se describen cada una de las operaciones para la elaboración de pan francés cuyo diagrama de operaciones se observa en la Figura 5.

- **MEZCLADO:** Se mezclaron en la amasadora en primera velocidad todos los insumos secos como la harina de trigo, la sal, azúcar y el mejorador de masas durante un minuto.
- **AMASADO 1:** Se añadieron a la amasadora el agua y la levadura fresca, y se amasó en primera velocidad durante cinco minutos.
- **AMASADO 2:** Se añadió la manteca a la amasadora y se amasó en segunda velocidad durante 7 minutos hasta llegar al punto liga.
- **DIVIDIDO:** Se retiró la masa de la amasadora y se dividió la masa en porciones de 40 g con ayuda de una divisora.
- **BOLEADO:** Se boleó la masa hasta formar bollos redondos.
- **REPOSADO 1:** Se dejó reposando los bollos durante 30 minutos.
- **BAJADO:** Los bollos con ayuda de un palote fueron presionados en su parte central para darles la forma característica del pan francés.
- **REPOSADO 2:** Los bollos bajados se dejaron reposando durante una hora sobre bandejas cubiertas con plástico poligrasa y aumentaron de volumen.
- **VOLTEADO:** Se voltearon las bandejas con los panes sobre otras bandejas para que las líneas del pan den hacia arriba como es característico en pan francés.
- **FERMENTACIÓN:** Los panes formados fueron fermentados sobre las bandejas de aluminio del coche de horneado durante 3 horas a una temperatura del taller de 30 °C.
- **HORNEADO:** Se horneó el coche de pan durante 15 minutos y a una temperatura de 200 °C en un horno rotativo. Durante los 10 segundos iniciales se inyectó vapor.



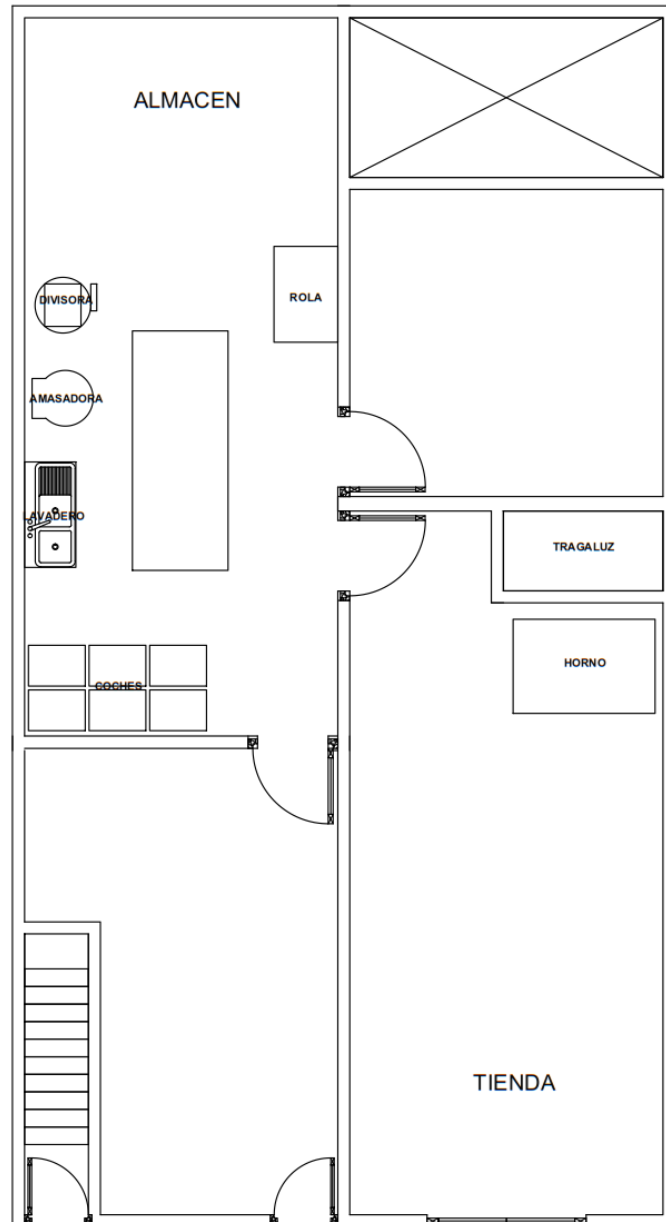
**Figura 5: Diagrama de flujo para la elaboración de pan francés**



## 4.2. ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS

### 4.2.1. DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS Y EQUIPOS DEL AÑO 2019

En la Figura 6 se observa la distribución de áreas y equipos en taller de panadería del año 2019.



**Figura 6: Distribución de áreas y equipos en el taller de producción en el año 2019 antes de la propuesta de mejora**

Como se puede observar, el taller de la panadería no tenía una buena distribución de los espacios. Por ejemplo, el almacén se encontraba en la misma área que el taller de producción pudiendo provocar una contaminación cruzada con los productos e insumos.

No existe un control de los parámetros de fermentación como temperatura, humedad relativa y tiempo, provocando que sus productos terminados no tengan características estandarizadas, como volumen, sabor y color.

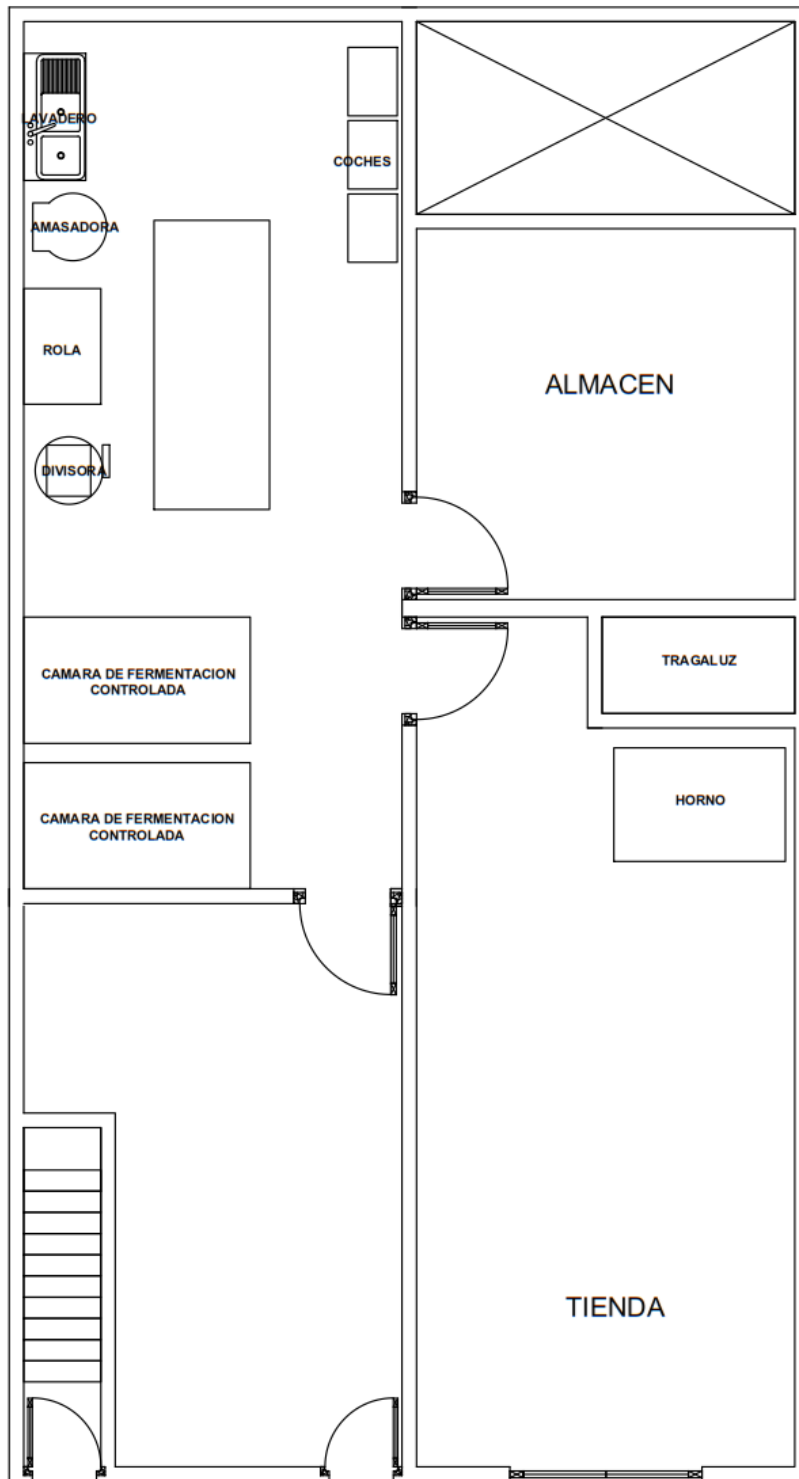
Los equipos no tienen una ubicación que facilite un flujo de operaciones correcto, se puede observar dificultad para ubicar los coches que entran fermentación ya que no cuenta con un espacio delimitado.

El horno se encuentra en otro ambiente hacia vista al público por un tema comercial para atraer clientes, sin embargo, no es la mejor opción ya que los panes en coches fermentados deben recorrer un largo tránsito hasta llegar al horno.

Se le recomendó a la panadería implementar un área exclusiva para el almacén de insumos, tanto secos como los refrigerados. Además, se le recomendó seguir un flujo directo partiendo desde almacén y pesado, para luego continuar con el amasado, formado, fermentado y finalmente horneado.

#### **4.2.2. REDISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS E INCORPORACIÓN DE LAS CÁMARAS DE FERMENTACIÓN CONTROLADA**

Después de realizar el análisis de la distribución del taller se recomendó una redistribución de espacios y equipos cuyo plano se observa en la Figura 7, donde también se incorporó las cámaras de fermentación controlada.



**Figura 7: Distribución recomendada de áreas y equipos en el taller de producción**

El dueño de la panadería accedió a seguir algunas de nuestras recomendaciones como destinar un área exclusiva para el almacén de insumos, este cambio incrementó el espacio destinado para producción y facilitó seguir un flujo de operaciones lineal o directo partiendo desde el almacén con el pesado de insumos y continuando con el amasado, formado, fermentado y finalmente el horneado.

Las cámaras de fermentación controlada fueron ubicadas siguiendo el flujo de operaciones como se observa en la figura 7.

El dueño de la panadería no accedió al cambio de la ubicación del horno por motivos comerciales y continua con vista al público en el punto de venta o tienda.

#### **4.3. PREINSTALACIÓN E INSTALACIÓN DE LAS CÁMARAS DE FERMENTACIÓN CONTROLADA**

##### **4.3.1. VISITA TÉCNICA**

Se realizó una visita técnica por el área calificada donde se dejaron indicaciones de los prerequisites necesarios para la instalación de cada cámara de fermentación controlada, los cuales son:

##### **a. PUNTO DE AGUA**

- Tubería de 1/2 “
- Presión hídrica 1-4 bar
- Agua blanda  $\leq 35$  ppm

##### **b. PUNTO ELÉCTRICO**

- Toma 32 A (Consumo 19 A)
- Potencia eléctrica 4.5 kW

- 220 V
- Trifásico

**c. PUNTO DE DRENAJE**

- Tubo 32 mm diámetro

**4.3.2. PREINSTALACION PREVIA A LA ENTREGA Y TRASLADO DE LAS CÁMARAS DE FERMENTACION CONTROLADA**

Después de quince días de realizada la visita técnica el personal técnico calificado realizó la verificación de los trabajos realizados por la panadería de acuerdo a los prerequisites indicados en la visita técnica validando que todo esté conforme.

- Puntos de agua
- Puntos eléctricos
- Puntos de drenaje

**4.3.3. INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE LAS CÁMARAS DE FERMENTACIÓN CONTROLADA**

Se procedió a realizar la instalación y puesta en marcha de las cámaras de fermentación controlada. Se encontró el área habilitada con los prerequisites indicados por los técnicos y se pusieron en funcionamiento los equipos.

#### 4.4. VERIFICACIÓN DEL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LAS CÁMARAS DE FERMENTACIÓN CONTROLADA

Luego de tener las cámaras ya instaladas se realizó el seguimiento de los siguientes parámetros de control del equipo:

- Tiempo
- Temperatura
- Humedad relativa

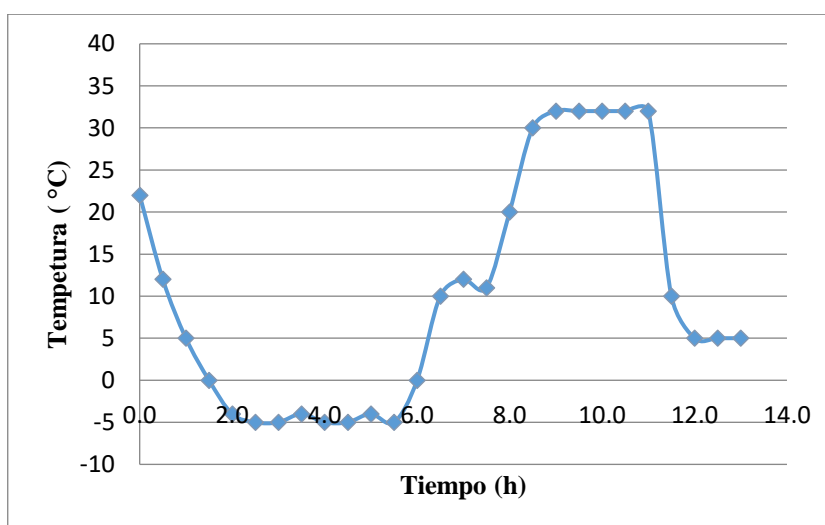
Los valores fueron tomados de ambas cámaras con producto entre pan francés y pan ciabatta. En la Tabla 6 y 7 se presentan los resultados del seguimiento durante las 15 horas posteriores, cuyos gráficos se observan en las figuras 8 y 9.

**Tabla 6: Control de parámetros de la cámara de fermentación controlada N° 1**

Hora	Tiempo (h)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
18:00	0.0	22	72
18:30	0.5	11	61
19:00	1.0	5	60
19:30	1.5	0	59
20:00	2.0	-5	60
20:30	2.5	-5	60
21:00	3.0	-5	60
21:30	3.5	-4	60
22:00	4.0	-5	59
22:30	4.5	-5	60
23:00	5.0	-4	61
23:30	5.5	-5	60
00:00	6.0	0	65
00:30	6.5	10	70
01:00	7.0	11	70
01:30	7.5	12	82
02:00	8.0	20	90

«Continuación»

02:30	8.5	30	89
03:00	9.0	31	89
03:30	9.5	32	90
04:00	10.0	32	90
04:30	10.5	32	90
05:00	11.0	31	90
05:30	11.5	10	75
06:00	12.0	5	65
06:30	12.5	4	64
07:00	13.0	5	65



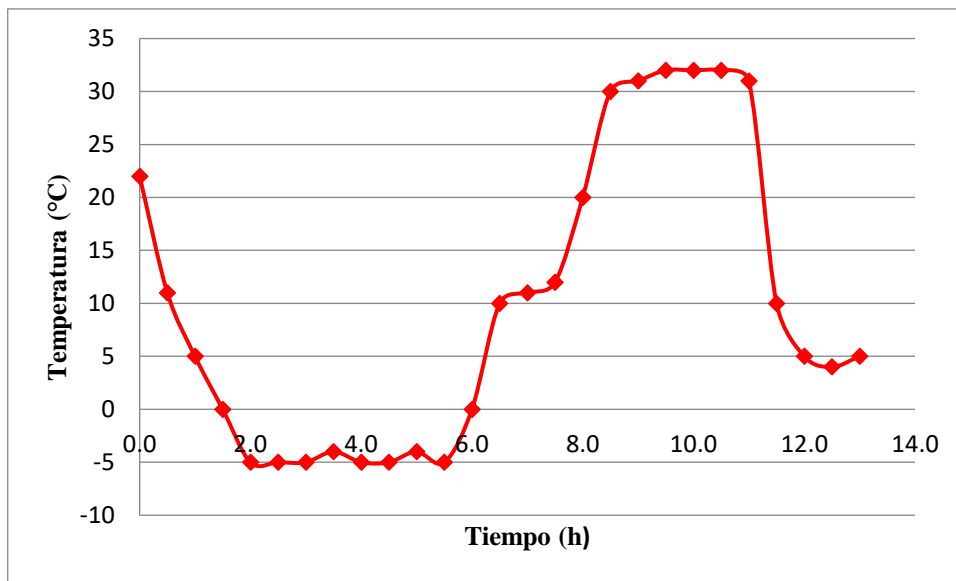
**Figura 8: Curva de relación de temperatura (°C) vs tiempo (h) de la cámara de fermentación controlada N° 1**

**Tabla 7: Control de parámetros de la cámara de fermentación controlada N° 2**

Hora	Tiempo (h)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
18:00	0.0	22	72
18:30	0.5	11	61
19:00	1.0	5	60
19:30	1.5	0	59
20:00	2.0	-5	60
20:30	2.5	-5	60
21:00	3.0	-5	60
21:30	3.5	-4	60
22:00	4.0	-5	59

«Continuación»

22:30	4.5	-5	60
23:00	5.0	-4	61
23:30	5.5	-5	60
00:00	6.0	0	65
00:30	6.5	10	70
01:00	7.0	11	70
01:30	7.5	12	82
02:00	8.0	20	90
02:30	8.5	30	89
03:00	9.0	31	89
03:30	9.5	32	90
04:00	10.0	32	90
04:30	10.5	32	90
05:00	11.0	31	90
05:30	11.5	10	75
06:00	12.0	5	65
06:30	12.5	4	64
07:00	13.0	5	65



**Figura 9: Curva de relación de temperatura (°C) vs tiempo (h) de la cámara de fermentación controlada N° 2**

Según los resultados presentados en las tablas 6 y 7 y las figuras 8 y 9 se puede observar que las curvas fueron similares y de acuerdo a lo que indica fábrica Colip presentada en la Figura 2.



Ambas curvas de las dos cámaras siguieron el patrón deseado, iniciando con una disminución de la temperatura hasta valores cercanos a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  manteniéndose por un periodo de cuatro horas frenando la fermentación de la levadura, luego se elevó la temperatura hasta valores cercanos a  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante un periodo de una hora, a continuación se retomó la fermentación con valores cercanos a los  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$  por un periodo de tres horas y humedad relativa de 90%, y finalmente la cámara disminuyó la temperatura hasta  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  para frenar nuevamente la fermentación. Esta última etapa permite que el horneado sea de manera escalonada sin sobre fermentar los panes que ya han obtenido el volumen buscado en la fermentación.

Por lo tanto, con la incorporación de estos nuevos equipos el tiempo de fermentación, el cual era de tres horas, ahora pasó a ser doce horas distribuidas en las etapas de abatimiento, conservación, fermentación y conservación nuevamente.

Finalmente se realizó una inspección visual de la evolución del volumen del pan y comparativamente al pan preparado sin cámara de fermentación controlado no presentó diferencias. Esta inspección fue realizada por el dueño de la panadería y su maestro panadero, quienes validaron el volumen como bueno.

#### **4.5. VALIDACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO TERMINADO: PAN FRANCÉS Y PAN CIABATTA**

##### **4.5.1. PAN CIABATTA**

La hipótesis alterna para la evaluación del pan ciabatta fue que no existen diferencias significativas entre las muestras de pan elaboradas con y sin cámara de fermentación controlada.

A continuación, en la Tabla 8 se presentan los resultados de la prueba de triángulo al pan ciabatta la cual fue realizada con 10 panelistas quienes realizaron la prueba con tres repeticiones.

**Tabla 8: Resultados prueba de triángulo para el producto: Pan ciabatta**

Prueba de triángulo:	Resultado	Tabla de triángulo
Pan Ciabatta	experimental	$\alpha= 0.05$
N° de pruebas totales	30	30
N° Respuestas correctas	12	16

Como el número de respuestas correctas por la tabla de triángulo (16) es mayor que el resultado experimental (12), se puede afirmar que no existen diferencias entre las dos muestras de panes, por lo tanto a un nivel  $\alpha=0.05$  no existen diferencias significativas entre las muestras de pan ciabatta a pesar que dentro del proceso de elaboración para una de las muestras se usó la cámara de fermentación controlada, por lo tanto, se recomienda el uso de este equipo ya que no produce cambios en el producto final que puede ser percibido por los trabajadores y consumidores.

#### 4.5.2. PAN FRANCÉS

La hipótesis alterna para la evaluación del pan francés fue que no existen diferencias significativas entre las muestras de pan elaboradas con y sin cámara de fermentación controlada.

A continuación, en la Tabla 9 se presentan los resultados de la prueba de triángulo al pan francés la cual fue realizada con el mismo número de panelistas y repeticiones que el pan ciabatta.

**Tabla 9: Resultados prueba de triángulo para el producto: Pan francés**

Prueba de triángulo:	Resultado	Tabla de triángulo
Pan Francés	experimental	$\alpha= 0.05$
N° de pruebas totales	30	30
N° Respuestas correctas	10	16

Como el número de respuestas correctas por la tabla de triángulo (16) es mayor que el resultado experimental (10), se puede afirmar que no existen diferencias entre las dos muestras de panes a pesar que dentro del proceso de elaboración para una de las muestras se usó la cámara de fermentación controlada, por lo tanto, se recomienda el uso de este equipo ya que no produce cambios en el producto final que puede ser percibido por los trabajadores y consumidores.

#### **4.6 APLICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS PROFESIONALES**

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional se encuentra enmarcado dentro de las actividades realizadas por el Bachiller en Ciencias – Industrias Alimentarias en la empresa Ingequip, desempeñando el cargo de Asesor comercial, brindando asesoría a la empresa “Panadería Pariona”. La carrera de Industrias Alimentarias permite el correcto desenvolvimiento dentro de la empresa, tanto en conocimientos como en competencias adquiridas.

En la asesoría comercial dentro del mundo de la panificación se tienen conocimientos en procesos de elaboración de productos de panadería y pastelería, diseño y desarrollo de procesos de los diferentes productos que existen en panificación, conservación de alimentos, fermentación panadera, microbiología, refrigeración y congelación de alimentos, diseño de plantas y centros de producción y diseño de máquinas para la industria alimentaria. Estas funciones se desempeñaron apropiadamente ya que se ponen en práctica los conocimientos adquiridos durante los años de estudio, tal como se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10: Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en el desempeño laboral**

<b>Cursos</b>	<b>Conocimientos adquiridos puestos en práctica</b>
Tecnología de alimentos II	Procesos de elaboración de panadería y pastelería, fermentación panadera
Ingeniería de la producción	Diseño y desarrollo de procesos
Tecnología de alimentos I	Conservación de alimentos
Microbiología de alimentos	Microbiología
Refrigeración y congelación de alimentos	Refrigeración y congelación de alimentos
Diseño de plantas	Diseño de plantas y centros de producción
Maquinaria y equipos en la industria alimentaria	Diseño de máquinas para la industria alimentaria

Asimismo, en el presente Trabajo de Suficiencia Profesional se puso en práctica la implementación de cámaras de fermentación controladas, aplicando conocimientos específicos de panificación, fermentación panadera, conservación de alimentos, análisis fisicoquímico de alimentos, microbiología, análisis sensorial, dureza del agua, y refrigeración y congelación de alimentos, como se puede observar en la Tabla 11 a continuación.

**Tabla 11: Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en la implantación de cámaras de fermentación controladas**

<b>Cursos</b>	<b>Conocimientos adquiridos puestos en práctica</b>
Tecnología de alimentos II	Panificación y fermentación panadera
Tecnología de alimentos I	Conservación de alimentos
Fisicoquímica de alimentos	Análisis fisicoquímicos de alimentos
Microbiología de alimentos	Microbiología
Gestión de la calidad de alimentos	Análisis sensorial
Gestión ambiental	Dureza del agua
Refrigeración y congelación de alimentos	Refrigeración y congelación de alimentos

Finalmente, el desarrollo de las capacidades y competencias profesionales durante la carrera, tales como trabajo en equipo, búsqueda y redacción apropiada de información técnico-científica, comunicación, empatía, ética, motivación y responsabilidad en el trabajo, entre otros, permitió un correcto desenvolvimiento en el centro laboral, así como en la ejecución exitosa de las labores y actividades encomendadas.

## V. CONCLUSIONES

1. Se implementaron dos cámaras de fermentación controlada y se logró eliminar el turno nocturno de la panadería.
2. Se analizó e identificó la capacidad de las cámaras de fermentación controlada necesarias para la producción del año 2019 y su proyección de crecimiento al año 2021, la cual aumentaría en un 100% por lo que se requirieron la implementación de dos cámaras.
3. Se realizó una redistribución de los equipos en el taller de panadería y se obtuvo un flujo de operaciones lineal incluyendo cámaras de fermentación controlada.
4. Se realizó una adecuada preinstalación de las cámaras de fermentación controlada y se instalaron correctamente de acuerdo a lo que indica fábrica.
5. Se validaron los parámetros del proceso de fermentación de la cámara de fermentación controlada: abatimiento (-5 °C), conservación (10 °C) y reactivación (32 °C); y se cumplieron con los estándares buscados obteniendo un producto similar al deseado por la panadería.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomendó a la panadería implementar una divisora boleadora automática, así podría agilizar su producción actual, incrementarla en un corto y mediano plazo, y diversificar sus tipos de panes.
- Se recomendó realizar un análisis de volumen de los panes horneados más objetivo con un procedimiento de desplazamientos de volumen.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Astudillo, F. (2010). Diseño y simulación de un control automático para una cámara de fermentación de pan por medio de un autómata programable. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Colip. (2018). Fermentación controlada. Maturpan. Recuperada de [https://www.colip.com/es/productos/fermentacion\\_controlada/maturpan\\_5.html](https://www.colip.com/es/productos/fermentacion_controlada/maturpan_5.html)
- Ibáñez, F. y Barcina, Y. (2001). Análisis sensorial de los alimentos. Métodos y aplicaciones. Barcelona, España: Springer.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (1988). Pan. NTP 201.004. Primera edición. Lima, Perú.
- Lancetti, R. (2017). Desarrollo de masas madre y evaluación de propiedades reológicas y tecnológicas de panificados. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- Liria, M. (2007). Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Lima, Perú.
- Ludeña, A. (2011). Panadería. Centro de Servicios para la Capacitación Laboral y el Desarrollo (CAPLAB). Lima, Perú.
- Mesas, J. y Alegre, M. (2002). El pan y sus procesos de elaboración. Ciencia y Tecnología. 3(5): 307-313.
- Merinsa (s.f.). Ablandador de agua Smarthsoft-25. Recuperado de [http://www.merinsa.com/pdf/residenciales/equipos/AblandadorSmartsoft25\\_Merinsa.pdf](http://www.merinsa.com/pdf/residenciales/equipos/AblandadorSmartsoft25_Merinsa.pdf)
- Morera, J. (2017). La revolución del pan. Barcelona, España: Montagud.
- MTPE. Decreto Supremo N° 007-2002-TR de 2010. Por la cual se establece el texto único ordenado del decreto legislativo N° 854, ley de jornada de trabajo, horario y trabajo en



sobretiempo, modificado por ley N° 27671. 15 de febrero del 2010. Recuperado de [https://img.lpderecho.pe/wp-content/uploads/2020/05/DS-007-2002\\_LP.pdf](https://img.lpderecho.pe/wp-content/uploads/2020/05/DS-007-2002_LP.pdf)

Neira, M. (2006). Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile. (Memoria para optar al título de ingeniero Civil - Universidad de Chile). Repositorio – Universidad de Chile.

Rodríguez, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre del 2008. Revista Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica. Vol. 9, No. 12-13, 2009: 129.

Salva. (2017). SALVA FRIO AF-SP-14. Ficha técnica\_AF-SP-14\_(español)271117.

Sánchez, M<sup>a</sup>. (2003). Procesos de elaboración de alimentos y bebidas. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa

Verdegay, A. M. (2000). Innovación tecnológica en panadería: Las razones de un retraso. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, 69 (15). Recuperado de: <http://www.ub.edu/geocrit/sn-69-15.htm>

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: Formato prueba discriminativa triangular

#### PRUEBA DISCRIMINATIVA-TRIANGULAR

Nombre: ..... Fecha: .....

Indicaciones:

Usted recibirá tres muestras, dos de estas son idénticas, la tercera es diferente. Evalúe las muestras e identifique la muestra diferente en cuanto al aspecto general (presencia de greña, color, tamaño, sabor y crocancia).

Producto: .....

Código	Muestra diferente

Observaciones:

.....  
.....  
.....

¡Muchas gracias!

## ANEXO 2: Tabla para la prueba de triángulo

Número de observaciones correctas requeridas para diferentes niveles de significación.

Número total de observaciones	Número de observaciones correctas		
	95:1 Nivel 5%	99:1 Nivel 1%	999:1 Nivel 0.1%
4	-	-	0
6	5	6	0
8	6	7	8
10	7	8	9
12	9	8	10
15	10	11	12
18	11	12	13
21	12	14	15
24	14	15	16
27	15	16	18
30	16	18	19
35	18	20	22
40	20	22	24
45	22	24	26
50	25	26	28
60	29	30	32
70	33	35	37
80	37	39	41
90	41	43	45
100	45	47	49

FUENTE: Valdez, J. (2014)

**ANEXO 3: Tabla de modelos de la línea Maturpan de Cámaras de Fermentación Controlada de la marca Colip**

Cámaras	Dimensiones														Potencia			
	Espesor 8 cm							Capacidad de carros							400 V/3/ 60			
	EXT. cm			INT. cm				Altura máx 195 cm										
Serie 110	Cant. puertas	Dimensiones puerta cm	Largo	Profundidad	Altura	Largo	Profundidad	Altura	66 x 42	66 x 82	72 x 56	71 x 47	71 x 92	86 x 102	82 x 66	76 x 52	HP	KW
CFLP 1P12	1	80 x 197 h	110	120	230	76	99	195	2	1		2	1				1	3
CFLP 1P19	1	81 x 197 h	110	190	230	76	169	195	4	2	3	3					1	3.5
CFLP 1P22	1	82 x 197 h	110	220	230	76	199	195	4	2		4	2				1 1/8	4.5
CFLP 1P28	1	83 x 197 h	110	280	230	76	259	195	6	3	4	5					1 1/8	4.5
CFLP 1P33	1	84 x 197 h	110	330	230	76	309	195	7	3	5	6	3				1 1/2	6.5
CFLP 1P37	1	85 x 197 h	110	370	230	76	349	195	8	4	6	7					2	6.5
CFLP 1P42	1	86 x 197 h	110	420	230	76	399	195	9	4	7	8	4				2	6.5
CFLP 2P12	2	87 x 197 h	210	120	230	176	99	195	4	2		4	2				1 1/8	4.5
CFLP 2P19	2	88 x 197 h	210	190	232	176	169	195	8	4	6	6					1 1/2	6.5
CFLP 2P22	2	89 x 197 h	210	220	232	176	199	195	8	4		8	4				2	6.5
CFLP 2P28	2	90 x 197 h	210	280	232	176	259	195	12	6	8	10					2 1/2	6.5
CFLP 2P33	2	91 x 197 h	210	330	232	176	309	195	14	6	10	12	6				3	10
CFLP 2P37	2	92 x 197 h	210	370	232	176	349	195	16	8	12	14					3	10
CFLP 2P42	2	93 x 197 h	210	420	232	176	399	195	18	8	14	16	8				4	13
Serie 125																		
CFLP 1P13	1	95 x 197 h	125	130	230	91	109	195						1	2		1	3

«Continuación»

CFLP 1P19	1	95 x 197 h	125	190	230	91	169	195			2	3	1	3.5
CFLP 1P23	1	95 x 197 h	125	230	230	91	209	195		2	3	4	1 1/8	4.5
CFLP 1P29	1	95 x 197 h	125	290	230	91	269	195			4	5	1 1/8	4.5
CFLP 1P33	1	95 x 197 h	125	330	230	91	309	195		3		6	1 1/2	6.5
CFLP 1P37	1	95 x 197 h	125	370	230	91	349	195			5		2	6.5
CFLP 1P43	1	95 x 197 h	125	430	230	91	409	195		4	6	7	2	6.5
CFLP 2P13	2	95 x 197 h	240	130	230	206	109	195	3	2		4	1 1/8	4.5
CFLP 2P19	2	95 x 197 h	240	190	232	206	169	195	6			6	1 1/2	6.5
CFLP 2P23	2	95 x 197 h	240	230	232	206	209	195	6	4		8	2	6.5
CFLP 2P29	2	95 x 197 h	240	290	232	206	269	195	9			10	2 1/2	6.5
CFLP 2P33	2	95 x 197 h	240	330	232	206	309	195	9	6		12	3	10
CFLP 2P37	2	95 x 197 h	240	370	232	206	349	195	10				3	10
CFLP 2P43	2	95 x 197 h	240	430	232	206	409	195	12	8		14	4	13
Serie 125 A														
CFLP 1P3CA	1	101 x 197 h	131	235	230	97	214	195		6	3		1 1/8	4.5
CFLP 2P3CA	2	100 x 197 h	250	120	230	216	99	195		6	3		1 1/8	4.5
CFLP 2P6CA	2	100 x 197 h	250	230	232	216	209	195		12	6		2	6.5
CFLP 2P9CA	2	100 x 197 h	250	300	232	216	279	195		15	9		3	10
CFLP 2P12CA	2	100 x 197 h	250	400	232	216	379	195		21	12		4	13
CFLP 2P15CA	2	100 x 197 h	250	500	232	216	479	195		30	15		4	13
CFLP 2P18CA	2	100 x 197 h	250	600	232	216	579	195		36	18		7 1/2	19.5
Serie 180														
CFLP 2SP12	2	150 x 197 h	180	120	230	146	99	195	2	4	2		1	3.5
CFLP 2SP19	2	150 x 197 h	180	190	232	146	169	195	4	6	3		1 1/2	6.5
CFLP 2SP28	2	150 x 197 h	180	280	232	146	259	195	6	10	5		2	6.5
CFLP 2SP33	2	150 x 197 h	180	330	232	146	309	195		12	6		2 1/2	6.5

«Continuación»													
CFLP 2SP39	2	150 x 197 h	180	390	232	146	369	195	8	14	8	3	10
CFLP 2SP42	2	150 x 197 h	180	420	232	146	399	195	9	16	8	4	13