

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976.

Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE PRODUCTOS Y PROCESOS



OPTIMIZACIÓN DEL VACIADO DE UNA PLANTA DE ENVASES DE CERÁMICA PARA TEQUILA, BASADO EN UNA SIMULACION.

Trabajo para obtener el grado de

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE PRODUCTOS Y PROCESOS

Presentan: Manuel Martínez Gómez

Tutor: Fernando Hernández Ramírez

San Pedro Tlaquepaque, Jalisco, mayo de 2022.

Tabla de contenidos

Presentacion.....	1
Agradecimientos.....	5
Resumen	6
Abstract.....	7
1. Fundamentación del trabajo	8
1.1. Identificación y caracterización del problema a atender.....	9
1.2. Contexto de la propuesta de intervención	10
1.2.1. Contexto de la empresa	10
1.2.2. Contexto de la industria	11
1.2.3. Análisis causa-efecto	12
1.2.4. Matriz de marco lógico del problema	14
1.3. Objetivos de la intervención	15
1.4. Delimitaciones y área funcional a intervenir	16
1.5. Justificación y pertinencia del trabajo.....	16
2. Marco conceptual o de referencia	17
2.1. Estado de la cuestión	20
2.2. Conceptos y enfoques teóricos relacionados	24
2.3. Herramientas tecnológicas o de innovación consideradas en el trabajo	26
3. Estrategia metodológica o de intervención	27
3.1. Justificación de la estrategia metodológica o de intervención.....	34

3.1.1. Consideraciones costo/beneficio de la estrategia	35
3.2. Herramientas e instrumentos	36
3.3. Muestra o sujetos de investigación	37
3.4. Etapas del proceso de aplicación/intervención	38
3.4.1. Cronograma de trabajo	39
3.4.2. Imprevistos	40
3.5. Metas de información	41
4. Exposición de hallazgos	42
4.1. Sistematización y aplicación de escalas de medición	70
4.2. Organización de la información obtenida	71
4.3. Impacto de la estrategia en la solución del problema	75
4.3.1. Alineación con la estrategia general de la organización	78
5. Discusión final	78
5.1. Consecuencias de la aplicación de la estrategia de innovación	80
5.1.1. Aspectos de mejora para intervenciones subsecuentes	80
5.2. Relevancia y trascendencia disciplinaria del caso	81
Referencias bibliográficas	83
Índice de materias	84
índice de tablas	85
índice de diagramas	85
índice de graficas	85

Índice de figuras86

índice de siglas.....87

Agradecimientos

Quiero agradecer a Dios, por permitirme estar vivo y gozar con salud para poder desarrollar este trabajo.

Gracias, a mi esposa Laura Cristina Rojo Hernandez, por la motivación, comprensión y apoyo cada día.

Gracias a mis padres, Gregorio Martinez Jimenez y Maria Gomez Camacho, por haberme educado e inculcado los valores que me identifican como persona, y a mis hermanos Rodolfo, Ricardo, Salvador, Sergio, Javier, Veronica, David, Catalina y Carlos, que son la esencia de todo lo que soy.

A todos mis compañeros de Clase Azul, pero principalmente a mis compañeros Oskar Nava y Jose Lemus, por su apoyo incondicional durante el desarrollo del trabajo.

A la compañía Tequila Clase Azul por haberme permitido cursar la maestría y desarrollar este trabajo, en especial a Norberto Murillo, que ha sido un mentor y guía para mi durante este camino profesional.

Y gracias a la Universidad ITESO y a todos los maestros con los que tuve el placer de coincidir en esta etapa, por las enseñanzas, consejos y conocimiento que me transmitieron.

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo buscar algunas formas de optimizar los recursos y procesos del área de vaciado de una planta de botellas de cerámica, que son destinadas para el envasado de tequila, con el objetivo de la planta tenga capacidad de producir mayor cantidad de piezas.

En la primera parte de este trabajo se caracterizó el proceso actual por medio de un estudio de tiempos y movimiento. Del análisis de los datos obtenidos surgieron áreas de oportunidad referentes a la utilización de los moldes en cada ciclo de vaciado y a la secuencia de los pasos de la operación.

Uno de los hallazgos fue que cuando los moldes están más secos, se pueden mejorar los tiempos del ciclo de vaciado, por lo que en la segunda parte del trabajo se fabricó un prototipo de secado de moldes en las mesas de vaciado sin la necesidad de retirar los moldes de la mesa.

Después de caracterizar los tiempos del nuevo del ciclo de vaciado con el prototipo de secador y con los cambios de proceso implementados, se realizaron una serie de simulaciones con el software FlexSim, para verificar la viabilidad y los beneficios que se pueden obtener en la productividad en caso de modificar el proceso y de implementar el secado de moldes en mesa. Los resultados arrojados por las simulaciones muestran que existen áreas de oportunidad que pueden ser aprovechadas para mejorar la productividad; además sirven para tener parámetros para una futura inversión.

Las simulaciones permiten tener bases para hacer modificaciones en el proceso que mejor convengan a la compañía sin arriesgar en ningún momento la producción actual, que es limitada.

A futuro se pretende implementar las modificaciones propuestas, porque los datos que resultaron de la simulación demuestran un aumento en la productividad, y con esta estimación, se puede valorar realmente los incrementos de la productividad que se pueden esperar del área de vaciado.

Palabras clave: Cerámica, tequila Clase Azul, moldes de yeso, vaciado, barbotina, fraguado, secador de moldes.

Abstract

The objective of this work is to find ways to optimize the resources and processes of the emptying area of a ceramic bottle plant, which are destined for the packaging of tequila, with the goal that this area and therefore the plant have capacity to produce more bottles.

In the first part, the current process was characterized by means of a study of times and movement. From the analysis of the data obtained, areas of opportunity emerged regarding the use of the molds in each casting cycle and the sequence of the steps of the operation.

One of the findings was that when the molds are drier, the emptying cycle times can be improved, so in the second part of the work a prototype for drying molds on the emptying tables was manufactured without the need to remove the molds on the table.

After characterizing the times of the new emptying cycle with the dryer prototype and with the process changes implemented, a series of simulations were carried out with the FlexSim software, to verify the feasibility and the benefits that can be obtained in productivity in case of modifying the process and implementing the drying of molds on the table. The results thrown by the simulations show that there are areas of opportunity that can be taken advantage of to improve productivity; They also serve to have parameters for a future investment.

The simulations allow to have bases to make modifications in the process that best suit the company without risking at any time the current production, which is limited.

In the future, it is intended to make the modifications that result from the simulation, already with a panorama and expected data, and thus really validate the increases in the productivity of them.

Keywords: Ceramics, tequila Clase Azul, plaster molds, casting, slip, setting, mold dryer.

1. Fundamentación del trabajo

El consumo de tequila ha aumentado considerablemente en el mundo, también hay tendencia en las personas por los productos artesanales hechos a mano. De aquí surge la necesidad de realizar el siguiente desarrollo tecnológico, de la cantidad de demanda que el tequila artesanal tiene actualmente, más la proyectada para los años próximos (2022-2025). Hablando específicamente del producto elaborado en la empresa Tequila Clase Azul para la presentación de Tequila reposado 750 ml, este producto busca satisfacer ambas tendencias que se están viviendo, es una botella de cerámica decorada 100% a mano que busca satisfacer la demanda del consumo de tequila en el mundo, en una botella de cerámica artesanal.

Para la empresa Tequila Clase Azul, la producción necesaria con las condiciones actuales sería casi imposible poder solventarla, ya que se abrieron nuevos mercados a nivel mundial y la demanda mes con mes se eleva de manera exponencial.

Hace 3 años (primer trimestre del 2019), la cantidad de botellas envasadas mensualmente en la empresa era de 20,000 piezas, actualmente es de 180,000 piezas envasadas, porque es la cantidad máxima de botellas que actualmente se puede producir en las plantas de cerámica de la compañía. Dicho en otras palabras, no se venden más piezas porque no se tiene la capacidad para producir más botellas.

La empresa Tequila Clase Azul se encuentra en la problemática de que no es posible dar abasto a la demanda que tiene y que se estima tendrá en los años próximos, y maquilar con proveedores externos la botella, o automatizar al 100% el proceso no es opción. Maquilar pone en riesgo la calidad y autenticidad de la botella, y automatizar 100% el proceso no es factible porque se quiere cuidar la parte artesanal de la elaboración de la botella, principalmente el decorado, que es en gran medida el éxito que tiene el producto en el extranjero.

Esta necesidad principal, es lo que fundamenta este desarrollo tecnológico que se titula **“Optimización del vaciado de una planta de envases de cerámica para tequila”**, cuyo objetivo es hacer eficiente el vaciado de piezas y optimizar los recursos en esta parte del proceso para poder producir más piezas en las plantas actuales, y sentar las bases para abrir nuevas y mejores plantas de producción.

Este proyecto se estará enfocando en la planta de Tepatitlán, cuya producción actual es de 40,000 piezas mensuales de producto terminado (pt), y se pretende llevar a una producción de 60,000 piezas mensuales, además de poner en marcha otra planta nueva en la región, con capacidad de producir 30,000 piezas mensuales.

1.1. Identificación y caracterización del problema a atender.

El principal problema que atender es el aumento de producción de botellas artesanales de cerámica en la planta. La producción meta, es de 60,000 botellas mensuales de pt, sin embargo, actualmente no se ha encontrado la manera de producir esta cantidad.

Analizando las razones del porqué la planta no ha podido aumentar su producción, se detectan los siguientes:

- El proceso de vaciado es lento por la naturaleza de los materiales (arcilla, yeso).
- Los moldes actualmente solo se pueden utilizar un máximo de 5 ciclos de vaciado por día, ya que la saturación de humedad propia del proceso provoca menor disponibilidad de los moldes.
- Herramientales improvisados o no aptos para la operación de vaciado, maquinarias no aptas o no eficientes.
- Poco conocimiento de la empresa sobre la producción de cerámica. La planta tiene operando desde mayo de 2018, produciendo las primeras botellas aptas para envasar hasta enero de 2019, por lo que los conocimientos industriales cerámicos no han sido suficientes para proponer ideas que aumenten la productividad.
- Maquinaria y proceso poco eficientes en el secado y operación de los moldes.
- Las áreas de vaciado son las más críticas porque aquí se fabrican todas las botellas que se procesarán a lo largo de los procesos subsecuentes, y no cuenta con ningún tipo de control, por lo que la producción y el comportamiento de los materiales depende mucho de las condiciones ambientales, las cuales son impredecibles.
- La operación del área de vaciado depende en mucha medida de la experiencia del operador, como de las ganas y el entusiasmo que tengan las personas de esta área.
- Actualmente se depende de la capacidad de producción de moldes de un tercero. Si el proveedor deja de mandar moldes, la producción baja, y además para

incrementar la producción se necesita que el proveedor también incremente la suya al ritmo de tequila Clase Azul y eso está fuera de la capacidad de injerencia de la empresa.

- El que el producto tenga que ser artesanal, hecho a mano, también es una limitante para incrementar la producción.

Desde el arranque de esta planta, se han hecho pocas modificaciones a la forma de trabajar, el proceso es prácticamente el mismo, pero a esta altura ya no es posible llegar a la producción si se sigue trabajando de esta forma y con los medios actuales.

1.2. Contexto de la propuesta de intervención.

El trabajo de obtención de grado (TOG) busca identificar las oportunidades en el área específica de vaciado dentro del proceso de fabricación de las botellas, para que se pueda llegar a la meta mensual esperada de piezas terminadas y mantenerla con el fin de cumplir la demanda, aun con todos los problemas que puedan surgir en la operación diaria en los procesos posteriores.

1.2.1. Contexto de la empresa.

La empresa Tequila Clase Azul exporta más del 90% de su producción al extranjero, y en los últimos años, la demanda ha crecido exponencialmente. El éxito que ha tenido se debe a que es envasado en botellas de cerámica 100% artesanales; la fabricación y decoración de cada una de las presentaciones es hecha a mano, no es un proceso industrial, y se quiere seguir manejando esta misma línea.

La empresa ha decidido separar las operaciones de manufactura en 2 divisiones principales, cerámica y destilados; la división cerámica está dedicada a la producción de las botellas de cerámica, y la división destilados, a la destilación y envasado del tequila. Este proyecto está dedicado 100% a la división de cerámica.

La presentación de Tequila reposado de 750 ml representa el 80% del volumen de las botellas producidas, por lo que además de que este proyecto es destinado a la división cerámica de la compañía, estará enfocado y limitado a esta presentación, que es el producto estrella o el más vendido.

Las demás presentaciones (Añejo, Plata, Ultra, Mezcales, licores) se dejarán de lado en este TOG, porque los procesos son un poco distintos unos de otros, y solo nos centraremos en el que representa mayor impacto, que es el tequila reposado presentación de 750 ml.

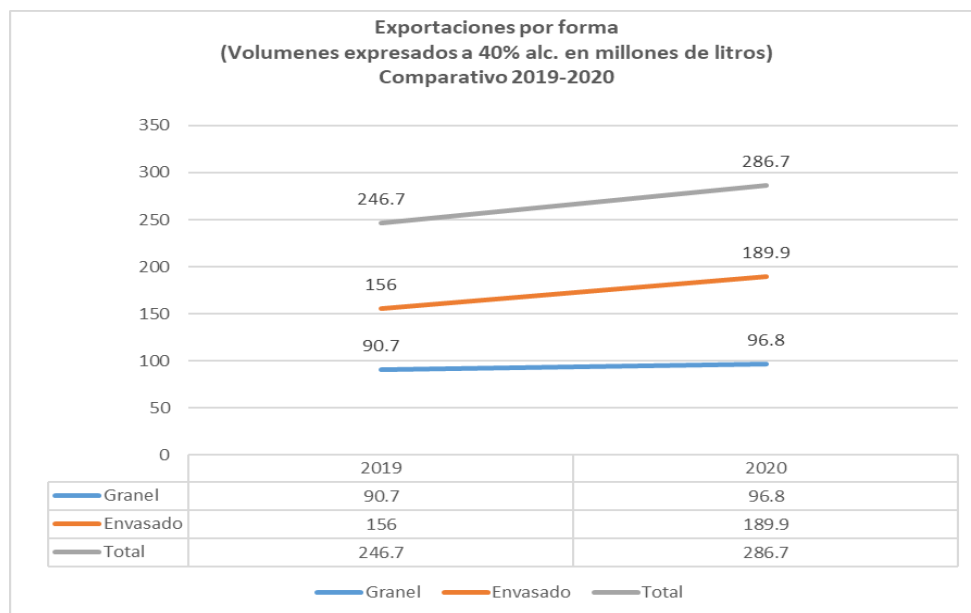
El diseño de la botella es único, y está prohibido modificarlo, ni diseño ni dimensiones, a menos que la dirección de la empresa así lo determine.

1.2.2. Contexto de la industria.

El tequila en el mundo cada vez se está posicionando mejor entre los consumidores. Según datos del Consejo Regulador del Tequila (Consejo Regulado del Tequila, 2022) (CRT), las exportaciones de las botellas de tequila aumentaron en el 2019, respecto al 2020 a pesar de la contingencia por la pandemia, lo que podemos ver en la gráfica 1.

Grafica 1.

Exportaciones por forma.



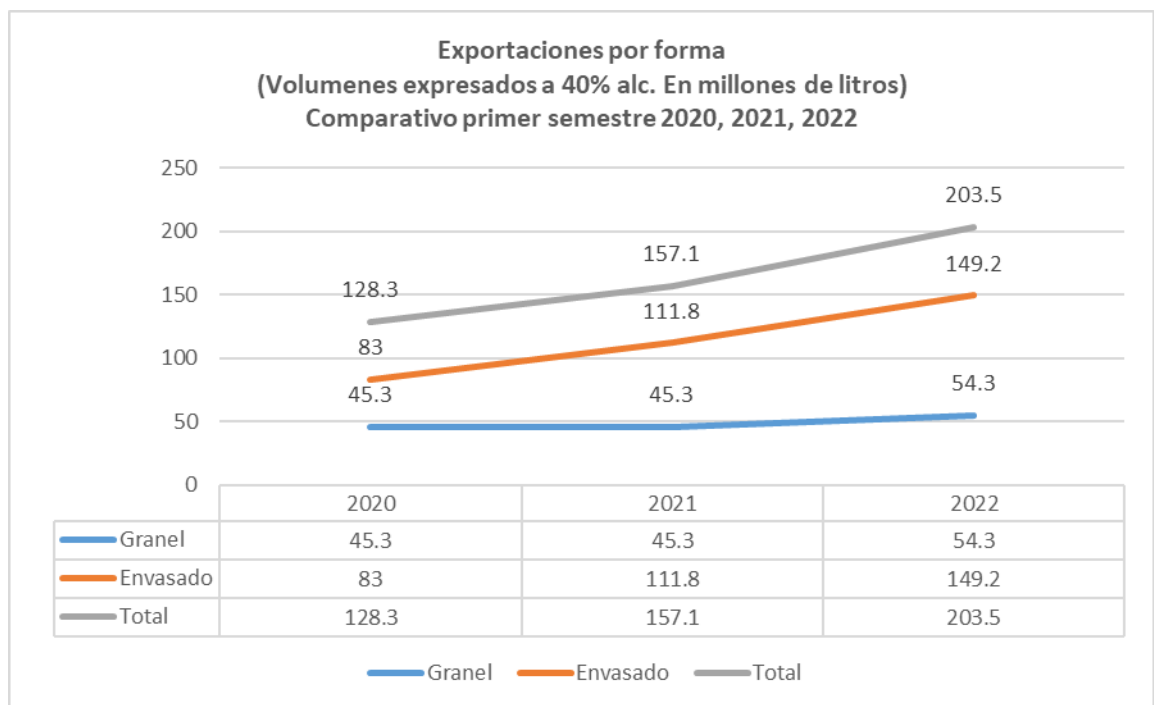
Gráfica 1 Exportaciones por forma (2019-2020), datos obtenidos de la página web del CRT (2022)

Considerando el aumento de 21% en la exportación de tequila envasado, se prevé que para los próximos años siga la misma tendencia, ya que el tequila ha conseguido un buen mercado alrededor del mundo, teniendo presencia en los 5 continentes.

A continuación, se muestra la gráfica 2, con base en los datos del CRT (Consejo Regulado del Tequila, 2022), del primer semestre de los años 2020, 2021, 2022 donde sigue la tendencia al alza del tequila de exportación envasado.

Grafica 2

Exportaciones por forma, primer semestre año 2020,2021,2022.



Gráfica 2 Exportaciones por forma, primer semestre año 2020,2021,2022, datos obtenidos de la página web del CRT (2022)

Así pues, las gráficas anteriores pronostican un panorama muy prometedor para el tequila envasado de exportación, ya que por los últimos tres años ha crecido este mercado, por lo que la marca Clase Azul puede seguir creciendo aún más.

1.2.3. Análisis causa-efecto

Es evidente que, en caso de no corregir las problemáticas en el área de vaciado del proceso no será posible conseguir la producción mensual de 60,000 piezas, con lo que se perdería una gran oportunidad de negocio. A continuación, un esquema de diagrama de árbol de problemas para representar las causas y los efectos de manera más visual. (Ver Diagrama 1).

Diagrama 1

Diagrama de árbol de problemas.

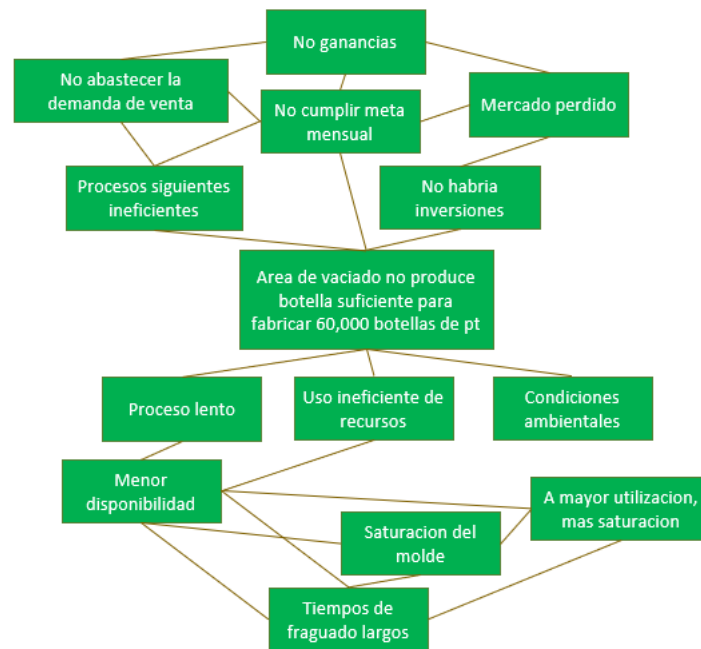


Diagrama 1 Árbol de problemas

Si los problemas que se identificaron en el apartado 1.1 de este documento no se corrigen, llevará a una serie de efectos que se enlistan a continuación:

- Pérdida de oportunidad de nuevos mercados.
- Incumplimientos en los pedidos (demanda).
- Pérdida de clientes actuales, y no generación de clientes nuevos.
- Consumidores insatisfechos.
- Cero crecimientos de la empresa.
- Fuga de talentos a otras empresas retroalimentando aún más la problemática.
- Dueños decepcionados o molestos, o simplemente inconformes.
- Pérdida de ganancias.

1.2.4. Matriz de marco lógico del problema.

Los problemas que tiene la empresa que impiden cumplir las metas de producción los podemos trasladar como los objetivos a cumplir del proyecto que son:

- Área de vaciado suficiente para producir 60,000 botellas de pt.
- Tener controles en las áreas.
- Moldes aptos para vaciar.
- Contar con maquinaria adecuada para cada proceso.
- Áreas y espacios suficientes para la producción.
- Conocimientos vastos en cerámica.
- Agilizar el proceso, todo lo que este al margen de los materiales.

Esto ayudaría a alcanzar la producción de botellas requerida, convirtiendo los problemas en metas.

- Clientes satisfechos.
- Vender en nuevos mercados.
- Cumplimiento de pedidos.
- Aumento de clientes.
- Aumento en las ganancias.
- Crecimiento de la empresa.
- Atracción de más y mejores talentos.

A continuación, se muestra un esquema de diagrama de árbol, pero ahora convertido a diagrama de árbol de metas. (Ver Diagrama 2).

Diagrama 2

Árbol de metas.

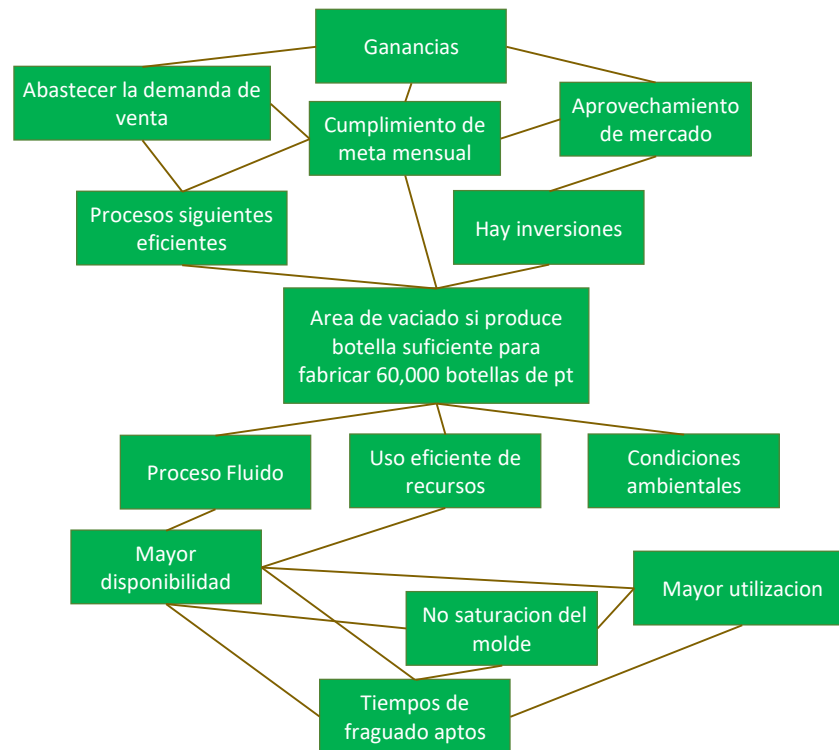


Diagrama 2 Árbol de metas

1.3. Objetivos de la intervención.

Los objetivos de este proyecto son:

- Medir el proceso de vaciado actual en términos de tiempos y movimientos, con el fin de identificar operaciones críticas y cuellos de botella.
- Aplicar el software de simulación FlexSim para simular el proceso actual.
- Proponer una serie de mejoras al proceso con el fin de aumentar la capacidad del área de vaciado para, en el futuro, poder abastecer la demanda de 60,000 botellas.
- Probar la propuesta de mejora en el simulador con el fin de identificar escenarios y tomar decisiones.

1.4. Delimitaciones y área funcional para intervenir.

Este proyecto se enfocará única y exclusivamente en la presentación de tequila reposado de 750 ml, porque representa el mayor volumen de los pedidos y la demanda; las demás presentaciones se dejarán fuera del alcance de este proyecto.

Las intervenciones serán solo en el área de vaciado y no en otras etapas del proceso o en la logística o marketing de la marca, ya que esta área es la fuente de piezas que se trabajan en las etapas posteriores del proceso.

No se abordarán temas de diseño, dimensiones, formas, además de que se debe respetar el decorado hecho artesanalmente para mantener la esencia del producto. Esta parte del proceso que es el decorado queda estrictamente prohibido realizarlo de otro modo que no sea hecho a mano.

Los cambios o propuestas serán desarrolladas exclusivamente en el software de simulación FlexSim, para desde ahí evaluar los comportamientos y posibles resultados, sin la necesidad de alterar físicamente el proceso actual. Las propuestas con mejor desempeño en la simulación se pondrán en práctica en un futuro fuera del alcance de este trabajo de obtención de grado.

1.5. Justificación y pertinencia del trabajo.

Este trabajo encaja de manera adecuada en el mercado del tequila, porque el llevarlo a buenos términos ayudaría a la empresa a posicionarse, seguir creciendo y aprovechar la inercia de crecimiento que tiene la industria del tequila en el mundo.

Ayudaría a la generación de empleos en la región, porque una nueva planta de envases de cerámica generará más empleos.

Servirá además para desarrollar las capacidades de ingeniería de proyectos en la empresa, fortaleciendo la confianza de los directivos en su equipo de trabajo para la resolución de problemas futuros.

Debido a la importancia del tequila para el país, principalmente a la región donde se fabrica y tiene la denominación de origen, el tequila es una bebida que es reconocida a nivel

mundial, además de las tendencias a la alza en producción y ventas que tiene y las que se proyectan en un futuro a corto, mediano y largo plazo. Hablando exclusivamente de la marca Tequila Clase Azul, incluso se prevé un escenario mucho mayor al de la media de la industria, al abrirse mercado en Europa, África y Asia.

2. Marco conceptual o de referencia

La cerámica es útil y necesaria y ha acompañado al hombre sedentario casi desde el inicio de su historia, primero de manera funcional en las necesidades básicas y después de otras maneras como objetos decorativos. Incluso en la actualidad en procesos más tecnológicos, como prótesis, sistemas eléctricos, aislantes, etc. En consecuencia, diversas técnicas para su fabricación se han tenido que desarrollar a lo largo de la historia.

Cada botella de cerámica que fabrica la empresa Tequila Clase Azul cumple una doble función: es una pieza capaz de contener sin filtraciones el tequila desde el envasado, manteniendo su vida de anaquel, hasta el consumo final; y a su vez es una pieza de decoración, pintada por manos mexicanas. Por estas características puede ser también considerada como una pieza de colección. En ambos ámbitos, como botella de Tequila y como botella de colección y/o decoración, el aumento de la demanda hace necesario e interesante el desarrollo de este trabajo, ya que ayudará a la productividad de la empresa.

El proceso actual de fabricación de una botella de reposado 750 ml se puede ver en un diagrama de flujo (Ver diagrama 3).

Se mostró el flujo general para la fabricación de una botella de reposado 750 ml. Pero este trabajo se enfoca solamente en el área de vaciado, en el diagrama 4 se representa la operación específica de esta parte del proceso.

Diagrama 3

Diagrama de flujo de elaboración de botella reposado 750ml.

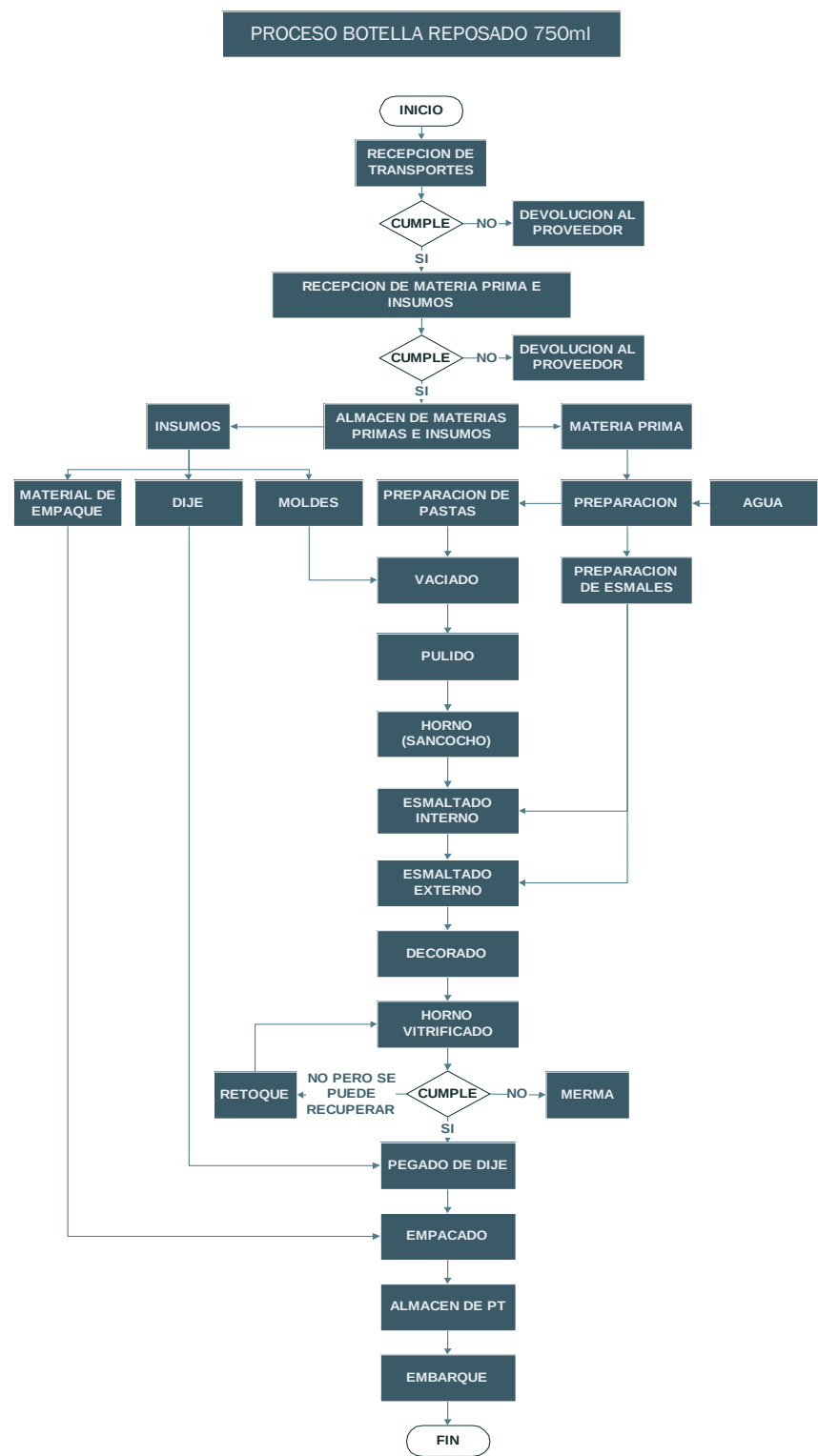


Diagrama 3 Diagrama de Flujo elaboración de una botella de reposado 750ml.

Diagrama 4

Diagrama de flujo del proceso de vaciado.

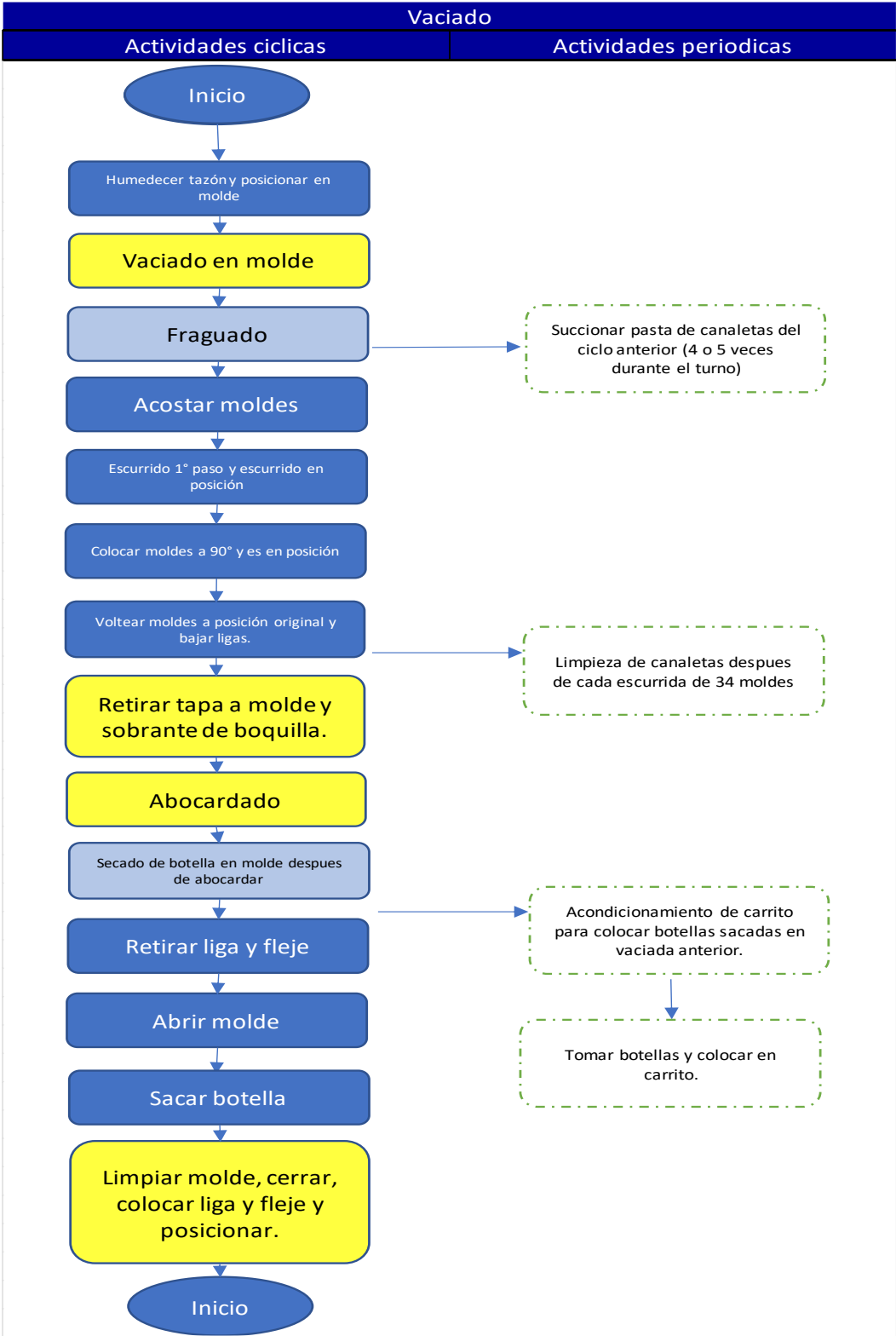


Diagrama 4 Diagrama de flujo de vaciado.

2.1. Estado de la cuestión.

2.1.1 Historia de la Cerámica.

Cerámica proviene del griego “*Keramos*”, y se refiere a todos los artículos elaborados de tierras y arcillas cocidas. Todos los productos elaborados de tierras, barro, y arcillas, y después elevado a altas temperaturas son tipos de alfarerías, pero para ser denominado cerámica, debe ser cocida arriba de 1,100°C. Después se tratan con barnices y esmaltes para mejor uso.

Según el libro “*Cerámica: un recorrido por la historia, las técnicas y los ceramistas más destacados*” de Susie Hodge y Elizabeth Wilhide (2018), en casi todas las antiguas civilizaciones prehistóricas del mundo se han encontrado objetos de algún tipo de cerámica o alfarería, en todas las latitudes del planeta (lejano oriente, Europa, Grecia, Latinoamérica). Por ejemplo, en República Checa en 1925, se encontraron estatuillas de arcillas tal vez con significado religioso, con antigüedad entre los años de 26 000-29 000 a.C. Pero hablando de cerámica funcional, los vestigios alfareros de vasijas para contener agua, se tienen datos que fueron encontrados en China, con una antigüedad aproximada de los años 20 000 a.C., y para cerámica decorativa hay hallazgos muy significativos en Japón, con antigüedad de 14 000 a.C. En Latinoamérica, en la antigua Mesopotamia se tiene registros de la invención del torno, para fines alfareros en los años 6 000 - 2 400 a.C. En la antigua Grecia, en los años 1 000 – 400 a.C., la cerámica dio otro paso al pasar a objetos simétricos y geométricos con figuras más detalladas (Susie Hodge, Elizabeth Wilhide, 2018).

Específicamente en el caso de la cerámica, se puede hablar más de un descubrimiento o desarrollo de las técnicas que de un invento, y este se originó en China cerca de los años 25 – 200 d.C., durante el reinado de la dinastía Han, y para ello tuvieron que desarrollar hornos capaces de alcanzar temperaturas mucho más altas, porque como se menciona antes, para ser denominado cerámica las piezas se deben cocer arriba de 1,100 °C. y a partir de ahí, una serie de descubrimientos y desarrollos en técnicas y colores, para así llegar hasta la comercialización de la cerámica.

En México, según Robert B. Pickering y Ephraim Cuevas (2003), la historia y los hallazgos de los alfareros más antiguos son estatuillas con formas humanas, vasijas, ollas con cerca de 2 000 años de antigüedad (Robert B. Pickering, Ephraim Cuevas, 2003).

Estas primeras técnicas de cerámica, desde objetos primitivos como figurillas y estatuillas, pasando a la cerámica funcional con ollas y vasijas, después evolucionando a la cerámica decorativa y perfeccionándola hasta llegar a piezas con geometría y belleza aptas para la comercialización, van de la mano con el desarrollo de las técnicas del proceso de la fabricación, desde los moldes haciendo piezas cada vez más simétricas y detalladas, con mejores formas pasando al moldeado por torno, desarrollando hornos capaces de elevar más la temperatura y creando la cerámica. Algunas piezas de cerámica son verdaderas obras de arte gracias al desarrollo de esmaltes, tonalidades y recubrimientos, que son capaces de crear un sinnúmero de objetos posibles. Es así como evolucionó la cerámica hasta este punto de desarrollar una licorera para comercializar tequila.

2.1.2 Historia del Tequila

De acuerdo al artículo de la web *“Marco Teórico Historia del Tequila capítulo II”* surge en la época de la colonia española a mediados del siglo XVI, la cultura mexicana ya fermentaba el agave obteniendo una bebida muy fuerte, y con la fusión de las técnicas españolas de destilación, se obtiene una bebida primeramente llamada vino, a partir de ahí una evolución en las técnicas y procesos obteniendo más bebidas derivadas del mezcal, y se fueron perfeccionando las técnicas hasta obtener el tequila (Biblioteca UDLAP).

Según Karina Sanchez en su artículo *“¿Cuándo nació el tequila y desde cuándo existe?”*, etimológicamente existen varias versiones del nombre: una versión es que el nombre proviene del náhuatl de las palabras *“tequitl”* y *“tlan”*, que significa lugar del trabajo, pero esta aplica más que nada a la región de Jalisco donde se siembra el agave; otra versión es que proviene de la palabra *“tecatlis”*, que era una herramienta de obsidiana para cortar y a quienes usaban esta herramienta para cortar plantas de agave se les llamaba *“tequio”*, y así se fue modificando la palabra hasta llamarse tequila (Sanchez, 2017).

El tequila se produce principalmente en el estado de Jalisco, y tiene denominación de origen, que pertenece a Jalisco (125 municipios), Nayarit (8 municipios), Guanajuato (7 municipios), Tamaulipas (11 Municipios) y Michoacán (30 municipios). Solamente en estas regiones, se puede utilizar la materia prima para la elaboración de tequila, que es el *Agave tequilana Weber azul* (Rios, 2018).

El proceso de fabricación del tequila consta de los siguientes pasos:

Jima: Es la cosecha del *Agave tequilana Weber azul*, donde se cortan las pencas del maguey y se separan de la “piña”, que es la materia que se va a destilar.

Cocimiento: Procedimiento que consiste en elevar la temperatura de la piña del agave para poder separar los carbohidratos y azúcares, para después ser fermentados.

Molienda/Extracción: Después de la cocción se separan los azúcares y jugos del agave de las fibras, estos jugos se les llama mosto.

Fermentación: Transformación del mosto en alcohol, a través de los efectos de las levaduras.

Destilación: Separar los diferentes componentes de los líquidos fermentados a través de la elevación de temperatura, se eliminan los componentes no deseados para el perfil que se busca.

Maduración: El líquido que se rescata de la destilación ya es denominado tequila, y se madura en barricas de madera para adquirir características sensoriales, como olor, sabor, color, textura.

Envasado: Envasar el tequila en sus diferentes presentaciones para su comercialización, tequila blanco, tequila joven, tequila reposado (mínimo 3 meses de maduración en barricas), Tequila Añejo (mínimo 1 año de maduración), y tequila extra añejo (mínimo 3 años de maduración).

Para una representación más grafica del proceso descrito anteriormente, en el diagrama 5 se muestra el flujo de elaboración del Tequila.

Diagrama 5

Diagrama de flujo de elaboración del tequila.



Diagrama 5 Diagrama de flujo de la elaboración del tequila.

En resumen, así es como se elabora el tequila, bebida tradicional de México que es reconocida en todo el mundo por su denominación de origen. Existe un Consejo Regulador del Tequila (CRT) para cuidar la producción y salvar guardar el prestigio y autenticidad del tequila en el mundo.

Así es como Clase Azul, une estos dos productos Tequila y cerámica para comercializar sus productos.

2.1.3 Vaciado en moldes de Yeso

El vaciado en moldes es el método tradicional, o al menos el más utilizado en la manufactura de cerámica en la historia. La pasta o suspensión utilizada se le conoce como barbotina, que es la integración de polvos de arcilla disueltos normalmente en agua, esta mezcla se vierte en el molde de yeso, el yeso tiene la particularidad de extraer el agua de la barbotina a través de sus poros por capilaridad, y al paso del tiempo y con el agua que se va separando a

través del yeso, la pasta se consolida y se va formando la pared de la pieza en la cara del molde. El proceso termina hasta que la pared de la pieza tiene el espesor y la consistencia deseada, a partir de ahí se vierte el excedente de pasta, y se deja la pieza en reposo, hasta que quede lo suficientemente rígida para sacarla del molde sin sufrir deformación.

En la siguiente imagen se representa el molde en cuestión para este trabajo. Molde de reposado 750ml (Figura 1).

Figura 1

Molde de yeso reposado 750ml.



Figura 1 Molde de yeso, propiedad de tequila Clase Azul

2.2. Conceptos y enfoques teóricos relacionados

La fabricación de piezas artesanales a volumen industrial es una contradicción absoluta, aquí es donde toma importancia el desarrollo de este trabajo, lograr una alta producción de botellas de cerámica artesanales, por eso se enfoca en la parte fuente de la producción, en el área de vaciado. El tener más moldes aptos para vaciar, reducir los tiempos en esta parte del proceso se vuelve esencial para tales fines.

El tener un proceso de vaciado eficiente, ya sea más moldes disponibles para vaciado, moldes con mayor capacidad de producción por día, tiempos de proceso más rápidos, se convierte en el objetivo principal del trabajo.

Se hará mediante un análisis y toma de datos de lo que es el proceso actual, replicarlo en un software de simulación, y a partir de ahí encontrar áreas de oportunidad para mejorarlas, después estas propuestas de mejoras se volverán a simular para comprobar mediante la simulación, si son viables o no.

Para hacer esto, es necesario comprender más a fondo lo que es el vaciado en moldes de yeso. Ya se han realizado varias investigaciones y trabajos al respecto, por ejemplo en un trabajo llamado *“vaciado a presión de suspensiones de alúmina”* de Alicia Aidée Pech Vidal, se explica cómo al ejercer presión al molde durante el vaciado se reducen los tiempos del proceso, ya que se acelera la separación del agua por medio de una fuerza física, y además, se obtienen piezas con mayor resistencia mecánica, pero la productividad sigue estando limitada por la capacidad de succión del molde (Vidal, 2005).

El trabajo de investigación llamado *“Desarrollo de una barbotina cerámica para vaciado de alta presión mediante el uso de la determinación de la permeabilidad en el filtro baroid”*, realizado por Francisco Javier Melendrez Rodriguez en el año 2002 (Rodriguez, 2002), explica cómo mediante el control de ciertas características de la pasta (Tamaño de partícula, densidad, tixotropía) se puede lograr una mayor permeabilidad que permiten la formación de la pared en un menor tiempo, y también el trabajo deja una breve introducción para el uso de aditivos que logran este efecto de permeabilidad.

También han existido trabajos referentes a la construcción o morfología del molde de yeso, por ejemplo el trabajo llamado *“Estudio de la absorción de agua en moldes, con diferente composición de yeso y yeso-cemento”* (I.L. Samperio Gomez, C.A. Cortes Escobedo, A.M. Bolarin Miro, F. Sanchez de Jesus, L. Hernandez Cruz, 2011), en él se estudian diferentes composiciones de las mezclas de polvo (yeso-cemento), en diferentes proporciones polvo-agua, para encontrar cual molde tiene mejor desempeño, tanto en tiempos de absorción como en resistencia mecánica de las piezas.

Otro trabajo relacionado con los moldes es el realizado en el año 2008, por Karla María Aguilar Castro, llamado *“Rediseño de un Secador de Moldes de Yeso”* (Aguilar, 2008), quien explica cómo secar los moldes de yeso en un banco de vaciado mediante el uso de energías renovables.

Las investigaciones mencionadas en los párrafos anteriores se refieren al método de vaciado mediante una presión realizada por una fuerza física, a las condiciones de la pasta o barbotina para mejorar su permeabilidad, a la morfología del molde para evaluar su absorción, y el último al secado de moldes, todos con el objetivo particular de reducir tiempos en el vaciado.

Además de tomar en cuenta lo anterior, este trabajo se enfocará en los tiempos del proceso actual de la fábrica, y una simulación para tener mejores tiempos y mayor productividad.

2.3. Herramientas tecnológicas o de innovación consideradas en el trabajo

En este trabajo se busca encontrar áreas de oportunidad en el proceso, y mediante una simulación proponer soluciones para tener mayor disponibilidad o productividad en el área de vaciado. Los obstáculos o factores que juegan en contra son:

- Los moldes se saturan de humedad en cada turno de producción, lo que provoca que los tiempos de fraguado no permitan más allá de 5 ciclos de vaciado por día.
- Los moldes no solo absorben humedad de la pasta, sino también del ambiente.
- Cada molde tiene diferentes parámetros (humedad, peso, tamaño) uno respecto del otro.
- La pasta tiene la misma condición, aunque los moldes varíen entre ellos.
- Cada vez que se quiere aumentar la producción, se satura más el molde de humedad lo que genera un círculo vicioso, ya que, si se produce más, el molde se satura más y baja la capacidad.

Los retos son:

- Aumentar la capacidad de vaciado a los moldes actuales.
- Reducir el tiempo de secado de estos.
- Retirar la humedad ganada entre cada ciclo de vaciado.
- Reducir el tiempo de fraguado en el proceso de vaciado.
- Reducir los tiempos del proceso.

- Mapear el proceso actual y encontrar oportunidades dentro del mismo, para optimizarlo.

Son muchas las posibilidades de resolver este problema. Para ello se utilizará el software de simulación FlexSim, que es un software en donde se puede simular cualquier modelo productivo. Se introducen los datos de entrada, se realiza la simulación, y este arroja los datos de productividad y la utilización de cada recurso a través del tiempo. El análisis de los resultados de la simulación permite comparar con la realidad, hacer ajustes de mejora y observar el comportamiento del sistema.

3. Estrategia metodológica o de intervención.

El área de vaciado es la fuente de piezas que la planta trabajará o producirá en los procesos posteriores. Es por eso por lo que este trabajo se delimita y se enfoca en esta parte del proceso.

Se necesita dar una mirada 360° a toda el área, (moldes, pasta, operador, procedimientos o proceso de vaciado, métodos de operación), con todas las implicaciones que conlleva cada una de las partes del proceso de vaciado.

Como se mencionó anteriormente, la empresa tiene la problemática de que el vaciado es un proceso manual; además, se pretende llevar la producción de piezas de producto terminado a volúmenes industriales, lo cual parece ser una contradicción. Otra problemática importante es que, en el proceso de vaciado en moldes de yeso, a mayor uso, mayor es la saturación de este, y a mayor saturación del molde, menor es la disponibilidad, ya que el molde saturado maneja tiempos muy largos en el proceso de vaciado como tal, y esto nos lleva a un sistema cerrado sin retroalimentación. (Ver figura 2).

Figura 2

Circulo de complejidad.

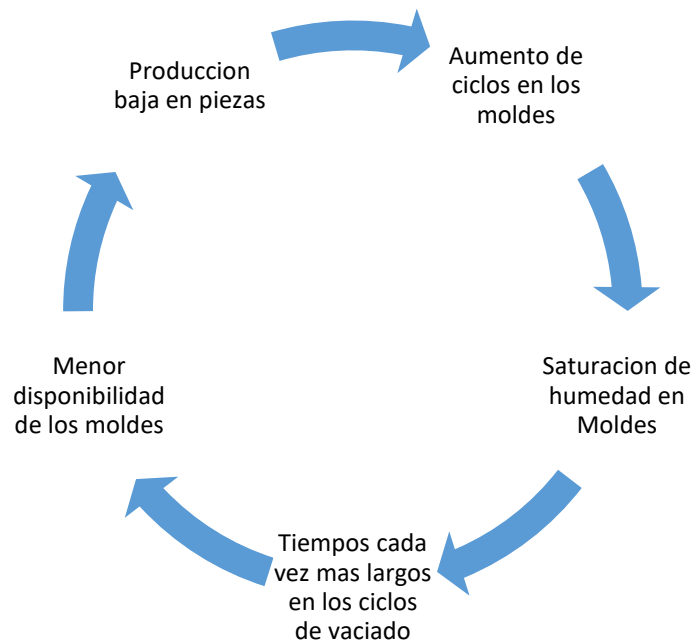


Figura 2 Diagrama de complejidad

Esta es la complejidad a la que se enfrentará este proyecto, encontrar la manera de optimizar o ser más productivo en un proceso, que, a mayor uso, menor es su productividad. Así es el estado actual del vaciado.

Actualmente se tiene un proceso de vaciado tradicional. En seguida se describe el método actual de un ciclo de vaciado para una botella de cerámica de 750ml de tequila Clase Azul.

1.-Molde cerrado y flejado, listo para recibir la pasta liquida. (Ver figura 3).

Figura 3

Paso 1 del ciclo de vaciado, Molde cerrado y flejado.



Figura 3 Paso 1 del ciclo de vaciado, elaboración propia.

2.-Llenado de pasta liquida al molde. (Ver figura 4)

Figura 4

Paso 2 del ciclo de vaciado, llenado de pasta.

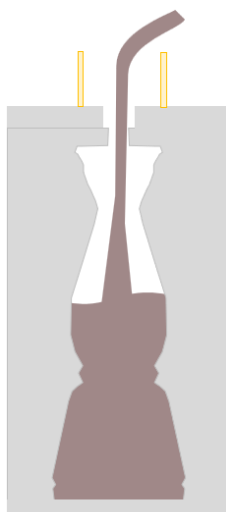


Figura 4 Paso 2 del ciclo de vaciado, elaboración propia.

3.-Fraguado. Se deja en reposo en lo que se forma la pared de la botella, a este periodo se le llama tiempo de fraguado, este tiempo es determinado por la experiencia del operador y condiciones de la pasta, de la humedad del ambiente y del molde.

Una vez que la pared de la botella tenga entre 5mm-7mm de espesor, se termina este reposo y se continua con el proceso al siguiente paso. (Ver figura 5).

Figura 5

Paso 3 del ciclo de vaciado, fraguado.

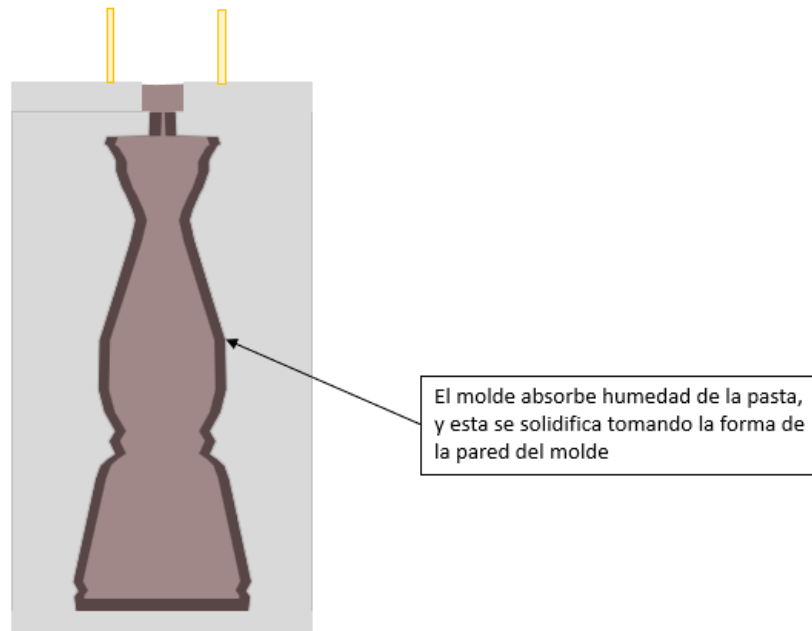


Figura 5 Paso 3 del ciclo de vaciado, elaboración propia.

4.-Vaciado del molde a 90° para empezar a escurrir el excedente de pasta líquida, cuando deja de escurrir en esta posición, se gira un poco más por algunos segundos para que escurra lo más posible el excedente de pasta líquida, después el molde se gira 180° con la boquilla de llenado hacia abajo, para que termine de escurrir al 100% el excedente de pasta líquida. El proceso termina cuando deja de escurrir pasta líquida. (Ver figura 6).

Figura 6

Paso 4 del ciclo de vaciado, escurrimiento de excedente.

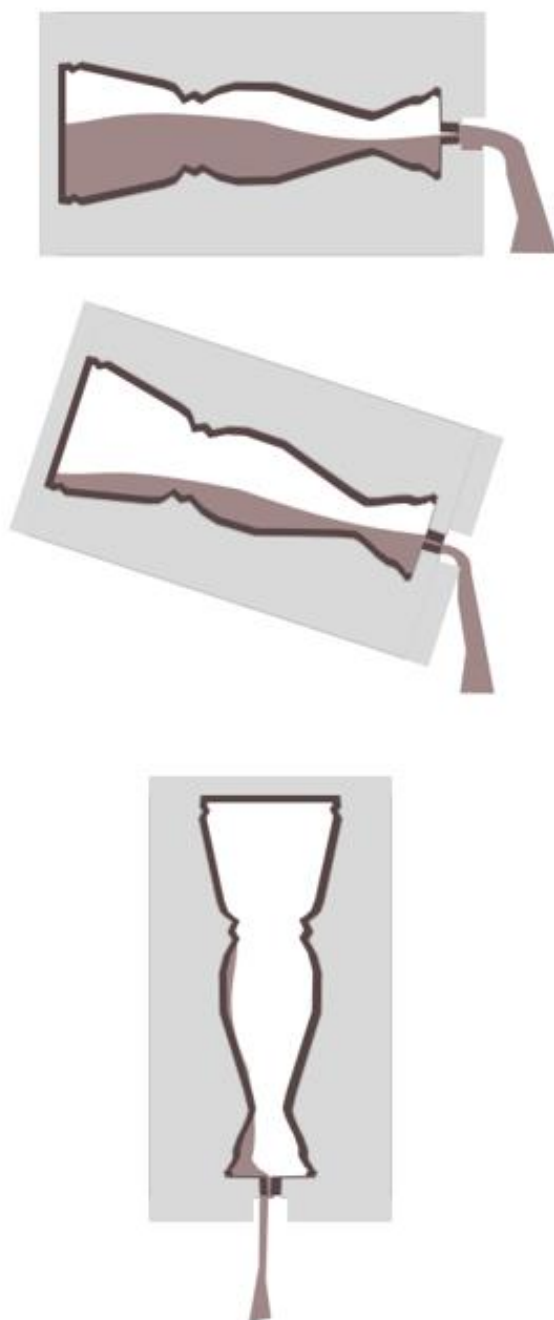


Figura 6 Paso 4 del ciclo de vaciado, elaboración propia.

5.-Quitar tapa del molde y abocardar. (Ver figura 7).

Figura 7

Paso 5 del ciclo de vaciado, quitar tapa y abocardar.

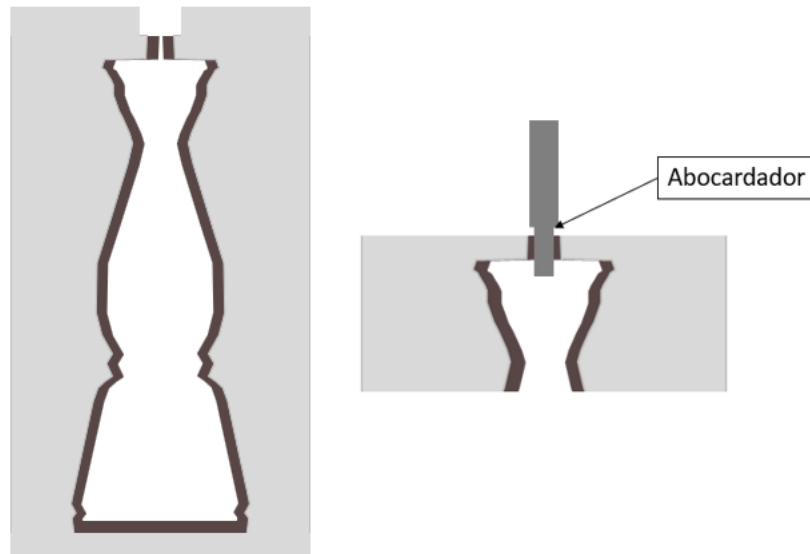


Figura 7 Paso 5 del ciclo de vaciado. elaboración propia.

6.-Reposo para no deformar la boquilla. (Ver figura 8).

Figura 8

Paso 6 del ciclo de vaciado, reposo de boquilla.

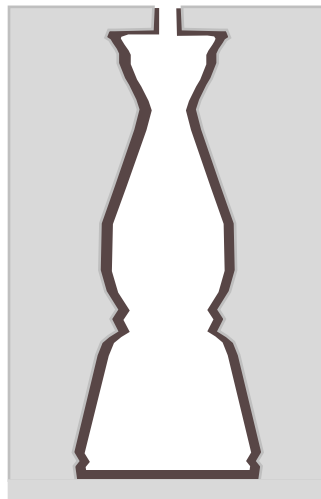


Figura 8 Paso 6 del ciclo de vaciado, elaboración propia.

7.-Desmoldar la botella, y sacarla del molde. (Ver figura 9).

Figura 9

Paso 7 del ciclo de vaciado, desmoldar.

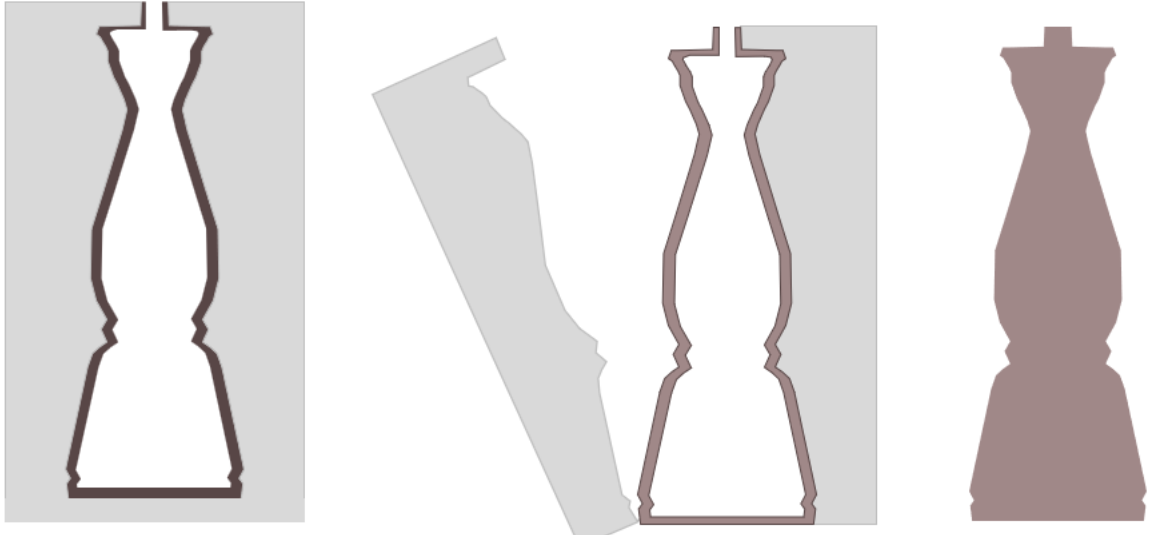


Figura 9 Paso 7 del ciclo de vaciado, elaboración propia.

8.-Cerrar y volver a flejar el molde. (Ver figura 10).

Figura 10

Paso 8 del ciclo de vaciado, cerrar molde y flejar.



Figura 10 Paso 8 del ciclo de vaciado, elaboración propia.

Estos 8 pasos son los que lleva un ciclo de vaciado completo de inicio a final. Actualmente cada operador trabaja en un banco o mesa de vaciado y opera 35 moldes, entonces repite cada uno de los 8 pasos descritos anteriormente 35 veces consecutivas. Además, el operario realiza otras actividades extras o complementarias a los pasos básicos de vaciado, como la limpieza de las mesas, recuperación de la pasta excedente de cada ciclo, acomodar las piezas vaciadas en racks y transporte de los racks a otra área posterior.

El objetivo de describir paso a paso el proceso es conocer las actividades básicas pero indispensables del proceso, además evaluar la forma en que se llevan a cabo esas actividades. Puede ser que con esta forma de operación, se encuentren áreas de oportunidad tanto en moldes, operación o proceso, por ejemplo que los moldes tengan espacios muertos o espacios no productivos, que el operador esté saturado de actividades o que tenga excesos de tiempos muertos, o que la forma en que se opera no sea la más productiva, por lo que será necesario hacer un estudio de tiempos y movimientos tanto para los moldes como para todas las actividades indispensables y actividades complementarias que realiza el operador, para hacer una evaluación precisa de cómo y dónde se encuentra el proceso actualmente. Y a partir de ahí comenzar con la búsqueda propuestas de mejora y posteriormente su ejecución con el simulador y evaluar los resultados.

3.1. Justificación de la estrategia metodológica o de intervención.

Primeramente, se realizó un estudio de tiempos y movimientos del proceso actual, tanto para los moldes como para el operador en las condiciones normales, se describió el proceso de las operaciones básicas para un ciclo de vaciado y en seguida se mostrará cómo se lleva el proceso de vaciado actualmente.

Se realizaron mediciones de las actividades básicas del operador en el banco de vaciado para determinar los tiempos efectivos de trabajo, tanto del molde como del operador, se trabajó con 3 bancos de vaciado diferentes, con tres operadores diferentes, y a partir de esas mediciones se encontrarán las oportunidades dentro del proceso, independientemente de las condiciones de los moldes.

Esto llevó a otro punto en el análisis. Al encontrar oportunidades en el proceso y proponer mejoras para optimizar los tiempos, se debe trabajar en paralelo con algún método de secado para los moldes, precisamente para sacarle provecho a esos tiempos optimizados, porque si no se secan los moldes y se empiezan a utilizar más, los moldes cada vez tendrán menor disponibilidad.

El secado de moldes se debe hacer en las mesas o bancos de vaciado para que la operación de estos sea continua y que el secado no interfiera con los tiempos de producción, y que la humedad o saturación que ganen durante la operación se pueda disipar durante el reposo.

Esta será la combinación de herramientas o estrategias a utilizar, la optimización de tiempos y movimientos, junto con el método de secado de los moldes.

Para no afectar la productividad del proceso actual se optó por realizar una simulación, pues la implementación directa de cambios en el proceso puede llevar demasiado tiempo, uso de recursos y esfuerzos que mermarían la productividad del proceso real, además de que los resultados no son tan predecibles, y lo más importante: en una simulación se pueden visualizar de manera rápida las afectaciones o beneficios de los cambios, además de la facilidad con que se pueden realizar cambios en las variables, hacer diferentes corridas y evaluar diferentes escenarios. El costo que implican estos cambios crece de manera exponencial si se hace físicamente en la realidad a si se hace mediante una simulación.

3.1.1. Consideraciones costo/beneficio de la estrategia.

Las ventajas que tiene este desarrollo se evaluarán de acuerdo con el incremento de productividad que se logre en el análisis de tiempos y movimientos y su respectivo secado, en comparación de los costos de operación más la inversión inicial que se requiera en las propuestas que nos lleve dicho análisis.

Una vez que se tengan los siguientes puntos definidos, se marcará la pauta de los costos y beneficios económicos del proyecto.

- Capacidad o productividad por molde, por día.
- Capacidad o productividad por operador.

- Número de operadores necesarios.
- Piezas producidas por día, y por mes.
- Costo de instalación de equipo de secado.
- Costo de operación del sistema de secado.
- Ciclos de vida útil de cada molde.
- Tiempo de vida útil en días.
- Esfuerzo o peso levantado por operador al día.

3.2. Herramientas e instrumentos.

Las diferentes herramientas e instrumentos que se utilizaran en este proyecto son:

- **Análisis de tiempos y movimientos del área de vaciado enfocados al molde, al operador y al proceso.**

Esto para encontrar los tiempos estándar de cada actividad u operación, (molde, operador, proceso) teniendo en cuenta que el operador puede presentar fatiga, pero el molde no la presentaría, y encontrando estos tiempos ideales hacer una comparativa contra los tiempos actuales.

- **Software para simulación.**

Software para simular el proceso actual y simular las propuestas antes de implementarlas para validar el éxito de los cambios.

Cuando se detecte alguna oportunidad de optimizar alguna actividad u operación, se tiene que validar, pero implementar y llevar a la práctica cada propuesta de mejora puede comprometer la productividad actual y además requiere de tiempo, recursos, esfuerzo, capacitación, modificaciones etc. Por lo que ayuda mucho la utilización de un software de simulación para agilizar el análisis de cada oportunidad de mejora y encontrar más rápido la viabilidad o no de las mismas. Con él se pueden hacer simulaciones de todas las propuestas y modificar parámetros, tiempos, etc., predecir de manera muy aproximada los resultados en la implementación.

- **Mediciones.**

Mediciones de tiempos, parámetros de humedad, peso, temperatura, se deben realizar con los equipos de medición adecuados, cronómetros, basculas, higrómetros, termómetros.

- **Sistema de secado.**

A medida que se logre optimizar el proceso y la operación, la saturación de los moldes será mayor, y la disponibilidad de los moldes va a bajar considerablemente, por lo que debe ser proporcional, a medida que aumenta nuestra capacidad de producción, debe aumentar nuestra capacidad de secar o de disipar la humedad que ganan los moldes.

3.3. Muestra o sujetos de investigación.

El trabajo se enfocará a la productividad del área de vaciado, por lo que el muestreo debe realizarse en las condiciones normales de operación y la comparativa con moldes en igualdad de condiciones, es decir las condiciones iniciales del molde al momento de realizar las mediciones del proceso actual deben ser las mismas al momento de compararlas con las de las propuestas de mejora encontradas. Así mismo las condiciones del área deben ser las mismas, en el mismo sitio. Si es posible realizar con los mismos operadores sería lo ideal, aunque esto es un poco más difícil ya que no todos los operadores siempre están en la misma mesa con los mismos moldes, además cada operador tiene diferente fatiga.

Para asegurar esto, el tiempo de inicio será con moldes nuevos que no hayan tenido algún ciclo de vaciado, y que sea el primero en su vida útil para ambos casos, en operación normal y en la operación con las mejoras propuestas. También se realizarán en el mismo molde o banco de vaciado para que las condiciones sean muy similares y con el producto, (en este caso pasta líquida) con los mismos parámetros de densidad y tixotropía.

3.4. Etapas del proceso de aplicación/intervención.

Este desarrollo tecnológico se tiene que adaptar al proceso y a los ritmos de producción actual de la planta, ya que cada prueba propuesta o medición se debe aplicar en las condiciones lo más real posible.

El proyecto toma dos vertientes que son: una el proceso y/o operación; y otra el secado de moldes de yeso, que deben trabajar en paralelo porque el desarrollar una de las dos vertientes implica obligadamente tener que desarrollar a la par la otra para que sea efectivo el proyecto. Las etapas del desarrollo son las siguientes.

- Identificación y entendimiento del problema (Proceso, secado de moldes).
- Definición de límites (Proceso, secado de moldes).
- Análisis de requerimientos (Proceso, secado de moldes).
- Diseño conceptual (Secado de moldes).
- Prueba de concepto (Secado de Moldes).
- Recolección de datos, (Mediciones actuales, proceso).
- Simulación Actual (Proceso).
- Análisis de Datos (Proceso).
- Análisis de propuestas a partir de los datos (Proceso).
- Simulación de las propuestas (Proceso).

Hasta este punto será el alcance de este trabajo, pero el llevarlo a cabo permitirá tener un panorama claro de los posibles escenarios, y a partir de los resultados facilitar la toma de decisiones para en un futuro llevar a cabo los siguientes puntos:

- Implementación de la propuesta elegida (Proceso y secado de moldes).
- Verificación (Proceso y secado de moldes).
- Validación (Proceso y secado de moldes).
- Conclusiones de resultados (Proceso y secado de moldes).

3.4.1. Cronograma de trabajo.

El Diagrama 6 ilustra el cronograma del desarrollo de este trabajo.

Diagrama 6

Cronograma del desarrollo del trabajo.

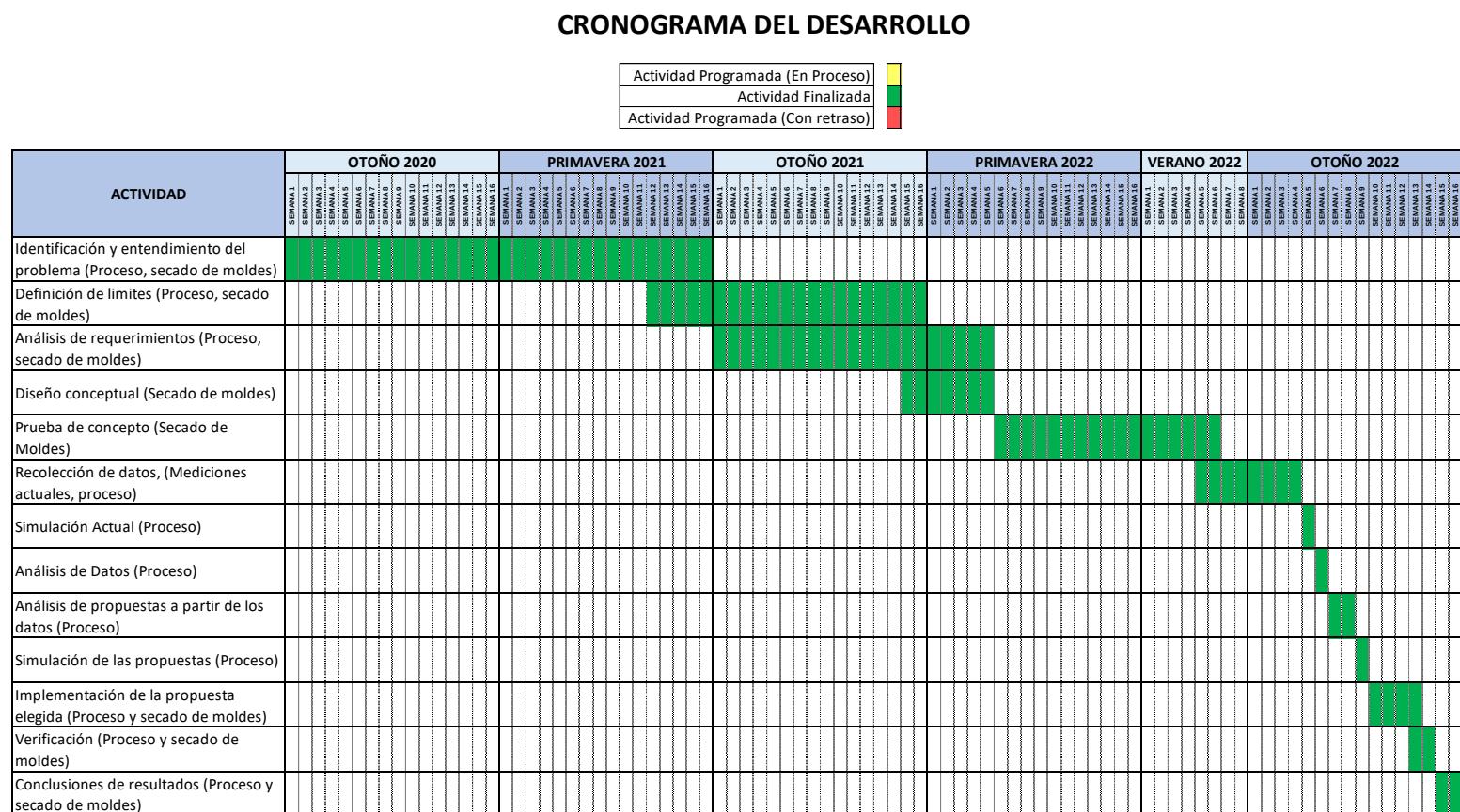


Diagrama 6 Cronograma del desarrollo, elaboración propia.

3.4.2. Imprevistos.

Durante el desarrollo de la mayoría de los proyectos, surgen cambios en el entorno de estos, por lo que es necesario siempre mantenerse actualizados de todo el contexto, pueden cambiar las condiciones económicas, tecnológicas, algunas fronteras o límites autorizados por políticas de las compañías, etc.

Para este desarrollo tecnológico, se debe estar siempre alerta y actualizados sobre las diferentes tecnologías que se van desarrollando en el mundo de la cerámica, es posible que vayan surgiendo nuevas formas y métodos que mejoren la calidad y la productividad de las piezas cerámicas y quizá lleven a la inviabilidad económica, o incluso en el peor de los escenarios obsolescencia a los métodos desarrollados en este proyecto, para ello, se debe estar al pendiente de las constantes innovaciones que hay en el ramo de la cerámica. Una opción es visitar las exposiciones mundiales que hay referente a estos temas, o leer las constantes publicaciones sobre ello.

También es necesario evaluar todo lo considerado en el apartado 3.1.1 de este documento, referente a la evaluación costo beneficio de este trabajo, independientemente de que los avances tecnológicos se desarrollen o no, esta evaluación debe ser continua y constante para que sea factible su ejecución.

También es importante estar alerta de las tendencias en el mundo, actualmente lo artesanal hecho a mano tiene mucho auge y probablemente la demanda del producto a la que va encaminado este proyecto esté teniendo éxito, pero ¿qué pasa si en algún momento las tendencias del consumo van a la baja?, en ese caso ya no se justificaría la inversión.

Otro riesgo, hablando de temas muy actuales es el asunto de los comercios internacionales y los conflictos entre países por el cierre de fronteras. El producto es de calidad mundial y arriba del 90% de la producción va destinada al mercado de exportación. En caso de alguna guerra, cierre de fronteras, cierre de comercios, o nuevas regulaciones para comercializar tequila, pueda afectar directamente a las ventas y por ende a la demanda de producción, por ello se debe estar en constante actualización referente a estos temas.

Y por último, el tiempo de ejecución del proyecto. La necesidad es actual y se prevé que el consumo de tequila vaya al alza en los años próximos, pero en caso de retardar la ejecución, en ese lapso pueden pasar cualquiera de los riesgos antes mencionados y bajar la demanda.

Entonces cualquier evento que retrase esta ejecución puede afectar al éxito esperado del proyecto.

3.5. Metas de información.

Análisis de tiempos y movimientos del área de vaciado, enfocados al molde, al operador y al proceso.

La información que se necesita conseguir de este análisis es identificar la forma en que se opera el proceso de vaciado actualmente. Qué tiempo efectivo de trabajo tiene cada molde y qué tiempo muerto se tiene durante la operación, para detectar oportunidades de optimización en los moldes; lo mismo para el operador del banco o mesa de vaciado. Y por último recabar información sobre los tiempos de cada operación del proceso.

El obtener esta información va a ser muy valioso para hacer propuestas con el fin de mejorar y optimizar la productividad del molde, operador y proceso.

Software para simulación.

La meta de utilizar un software de simulación es lograr una representación del proceso, para a partir de ahí detectar las oportunidades que se tienen en el molde, operación y proceso. Una vez detectadas las áreas de oportunidad proponer mejoras y en este mismo software hacer la simulación antes de la implementación para verificar que dichas propuestas funcionen, y así con esta simulación entender mejor las ventajas y desventajas antes de implementarlas o probarlas, porque cada modificación o cambio podría representar un coste alto y pérdidas de productividad en el proceso actual.

La información que se obtendrá de las simulaciones en FlexSim es el porcentaje de utilización de los moldes, el tiempo efectivo de trabajo de los operadores, productividad al día que se obtiene de cada molde y la distribución actual de las actividades a través de una línea de tiempo.

Mediciones.

Las mediciones son la base de la información, la meta es esa precisamente, recabar los datos e información para el entendimiento cuantitativo del proceso (tiempos, parámetros, productividad, porcentajes de mejora o de optimización), y tener parámetros en los cuales basaremos los resultados obtenidos.

4. Exposición de hallazgos

Los datos actuales conocido del proceso de vaciado son:

Datos Actuales.

Máximo histórico de ciclos de Vaciado por día/molde: **5 ciclos.**

Humedad Relativa de molde Nuevo (Iniciales): **20/22 %.**

Peso molde nuevo (Iniciales): **22/24 kg.**

Moldes operados por persona: **35.**

Capacidad máxima del área: **4,200 (12 mesas, 70 moldes, 5 ciclos).**

Número de operadores: **24.**

Horas de trabajo: **8 horas.**

Lo primero que se realizó fue medir el proceso actual, tiempos y movimientos del operador en el área de vaciado, y determinar la capacidad actual de los moldes.

Medición de proceso Actual.

Se realizaron mediciones del proceso actual para monitorear la utilización de los moldes y el tiempo real efectivo.

La primera medición se realizó a ciclos en la mesa completa de vaciado. Consistió en monitorear los tiempos de cada ciclo completos, 10 mediciones aleatorias en diferentes mesas, con diferentes operadores, con diferentes condiciones de moldes, para encontrar los tiempos promedios que se tienen en el proceso actual. Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1

Medición de estudio de tiempos en 10 mesas aleatorias.

		Estudio de tiempos										F-MC-21			
												Rev. 0			
Fecha: 12/08/2022		Cliente:										Presentación			
Proceso: Vaciado		Linea: Mesa 2, 11, 12 y 10										CAR750			
N°	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	Tiempo Ciclo										Tiempo minimo (seg)	Tiempo maximo (seg)	Tiempo promedio (seg)	Observaciones
	Cíclicas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Humedecer tazón y posicionar en molde	68.00	120.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	85.00	80.00	115.00	68.00	120.00	91.80	Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador por mesa
2	Vaciado en molde	944.00	880.00	970.00	660.00	780.00	750.00	800.00	780.00	660.00	650.00	650.00	970.00	787.40	Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador por mesa
3	Fraguado	1,412.00	1,270.00	1,510.00	1,680.00	1,440.00	1,200.00	1,280.00	1,350.00	1,290.00	1,280.00	1200.00	1680.00	1371.20	Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador por mesa
4	Acostar moldes	308.00	138.00	246.00	189.00	300.00	145.00	150.00	195.00	300.00	146.00	138.00	308.00	211.70	Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador por mesa
5	Escurrido 1° paso y reposo en posición	163.00	282.00	250.00	360.00	120.00	156.00	215.00	360.00	355.00	200.00	120.00	360.00	246.10	Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador por mesa
6	Colocar moldes a 90° y reposo en posición	1,773.00	1,786.00	1,746.00	1,800.00	389.00	855.00	660.00	1,078.00	1,200.00	1,350.00	389.00	1800.00	1263.70	Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador por mesa
7	Voltear moldes a posición original y bajar ligas,	215.00	183.00	198.00	311.00	148.00	160.00	178.00	200.00	215.00	185.00	148.00	311.00	199.30	Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador por mesa
8	Retirar tapa a molde y sobrante de boquilla.	209.00	195.00	185.00	180.00	198.00	205.00	189.00	178.00	210.00	205.00	178.00	210.00	195.40	Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador por mesa
9	Abocardado	360.00	409.00	374.00	365.00	400.00	367.00	389.00	359.00	395.00	389.00	359.00	409.00	380.70	Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador por mesa
10	Reposo y secado de botella despues de abocardar	900.00	3,060.00	3,600.00	4,740.00	1,200.00	3,000.00	2,700.00	1,680.00	1,800.00	3,300.00	900.00	4740.00	2598.00	Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador por mesa
11	Retirar liga y fleje	204.00	300.00	360.00	780.00	360.00	420.00	600.00	300.00	300.00	360.00	204.00	780.00	398.40	Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador por mesa
12	Abrir molde	840.00	180.00	240.00	420.00	240.00	540.00	360.00	300.00	420.00	240.00	180.00	840.00	378.00	Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador por mesa
13	Sacar botella	300.00	540.00	360.00	360.00	660.00	240.00	420.00	420.00	360.00	300.00	240.00	660.00	396.00	Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador por mesa
14	Limpiar molde, cerrar, colocar ligas, flejes y volver a posicionar	1,680.00	1,200.00	1,380.00	1,440.00	1,380.00	960.00	1,860.00	1,500.00	3,660.00	1,740.00	960.00	3660.00	1680.00	Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador por mesa
Subtotal Total												5666.00	16728.00	10105.90	
Periodicas															
1	Limpieza de caída de canaleta	250.00	285.00	210.00	238.00	299.00	220.00	250.00	310.00	270.00	355.00	210.00	355.00	268.70	Se realiza después de cada escurrida (5 veces durante el turno mientras se espera secado
2	Retiro de pasta de canaletas	300.00	287.00	278.00	310.00	295.00	300.00	305.00	299.00	298.00	285.00	278.00	310.00	295.70	Se realiza después de cada escurrida (5 veces durante el turno mientras se espera secado
Sub Total												488.00	665.00	564.40	
Total												6154.00	17393.00	10670.30	

Tabla 1 Medición de estudio de tiempos en 10 mesas aleatorias, datos medidos en la operación normal de la planta de botellas.

Medición de Utilización del Molde.

Otra medición consistió en monitorear la utilización del molde dentro de cada uno de los ciclos con el fin de determinar la utilización o tiempo efectivo productivo de cada uno de los moldes, se midieron los mismos 10 moldes que en la medición anterior, pero solo se muestran los tiempos mínimos, promedio y máximos, porque son los datos de interés.

Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla 2.

Tabla 2

Medición de la utilización del molde.

Vaciador		CLASE AZUL MÉXICO		Estudio de tiempos		F-MC-21					
Actividades ciclicas		Actividades periodicas				Rev. 0					
Succionar pasta de canaletas del ciclo anterior (4 o 5 veces durante el turno)											
Limpieza de canaletas despues de cada escurrida de 34 moldes											
Acondicionamiento de canito para colocar botellas sacadas en vaciada anterior.											
Tomar botellas y colocar en carrito.											
Fecha: 26/08/2022											
Proceso: Vaciado											
				Presentación							
				CAR750							
N°		DESCRIPCION DE ACTIVIDAD		Tiempo minimo (seg)		Tiempo maximo (seg)		Tiempo promedio (seg)		Observaciones	
		Ciclicas									
1		Humedecer tazon y posicionar en molde		3.0		6.0		3.6		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
		Tiempo de operación en 33 moldes restante		99.0		198.0		118.8			
2		Vaciado en molde		20.0		29.0		23.5		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
		Tiempo de operación en 33 moldes restante		660.0		957.0		775.5			
3		Fraguado		1200.0		1680.0		1371.2		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
4		Acostar moldes		4.0		9.0		6.6		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
		Tiempo de operación en 33 moldes restante		132.0		297.0		217.8			
5		Escurrido 1° paso y reposo en posición		120.0		360.0		246.8		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
6		Colocar moldes a 90° y reposo en posición		389.0		1800.0		1229.7		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
7		Voltear moldes a posición original y bajar ligas.		5.0		9.0		6.1		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
		Tiempo de operación en 33 moldes restante		165.0		297.0		201.3			
8		Retirar tapa a molde y sobrante de boquilla.		6.0		7.0		6.4		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
		Tiempo de operación en 33 moldes restante		231.0		231.0		231.0			
9		Abocardado		11.0		12.0		11.5		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
		Tiempo de operación en 33 moldes restante		363.0		396.0		379.5			
10		Reposo y sacado de botella después de abocardar		900.0		4740.0		2598.0		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
11		Retirar liga y fleje		6.0		23.0		11.9		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
		Tiempo de operación en 33 moldes restante		198.0		759.0		392.7			
12		Abrir molde		5.0		16.0		9.3		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
		Tiempo de operación en 33 moldes restante		165.0		528.0		306.9			
13		Sacar botella		7.0		19.0		11.7		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
		Tiempo de operación en 33 moldes restante		231.0		627.0		386.1			
14		Limpiar molde, cerrar, colocar ligas, flejes y volver a posicionar		28.0		108.0		49.5		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
		Tiempo de operación en 33 moldes restante		924.0		1815.0		1417.1		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
15		Espera en lo que terminan de sacar el resto de las botellas		124.0		1000.0		443.6		Tiempos totales de vaciado en 34 Moldes 1 Operador lado de mesa	
		Subtotal		5996.00		15923.00		10456.10			
		Periodicas									
1		Limpieza de caída de canaleta		210.00		355.00		268.70		Se realiza después de cada escurrida (5 veces durante el turno)	
2		Retiro de pasta de canaletas		278.00		310.00		295.70		Se realiza después de cada escurrida (5 veces durante el turno)	
		Sub Total		488.00		665.00		564.40			
		Total		6484.00		16588.00		11020.50			
				01:39:56		04:25:23		02:54:16			

Fecha	Molde	Antes de 1er. Vaciada		Antes de 2da. Vaciada		Antes de 3ra. Vaciada	
		Humedad	Peso	Humedad	Peso	Humedad	Peso
25-ago	Lado A	84.30%	27.16 Kg.	88.80%	27.46 Kg.	94.80%	27.72 Kg.
	Lado B	88.30%	28.3 Kg.	90.80%	28.58 Kg.	94.80%	28.8 Kg.

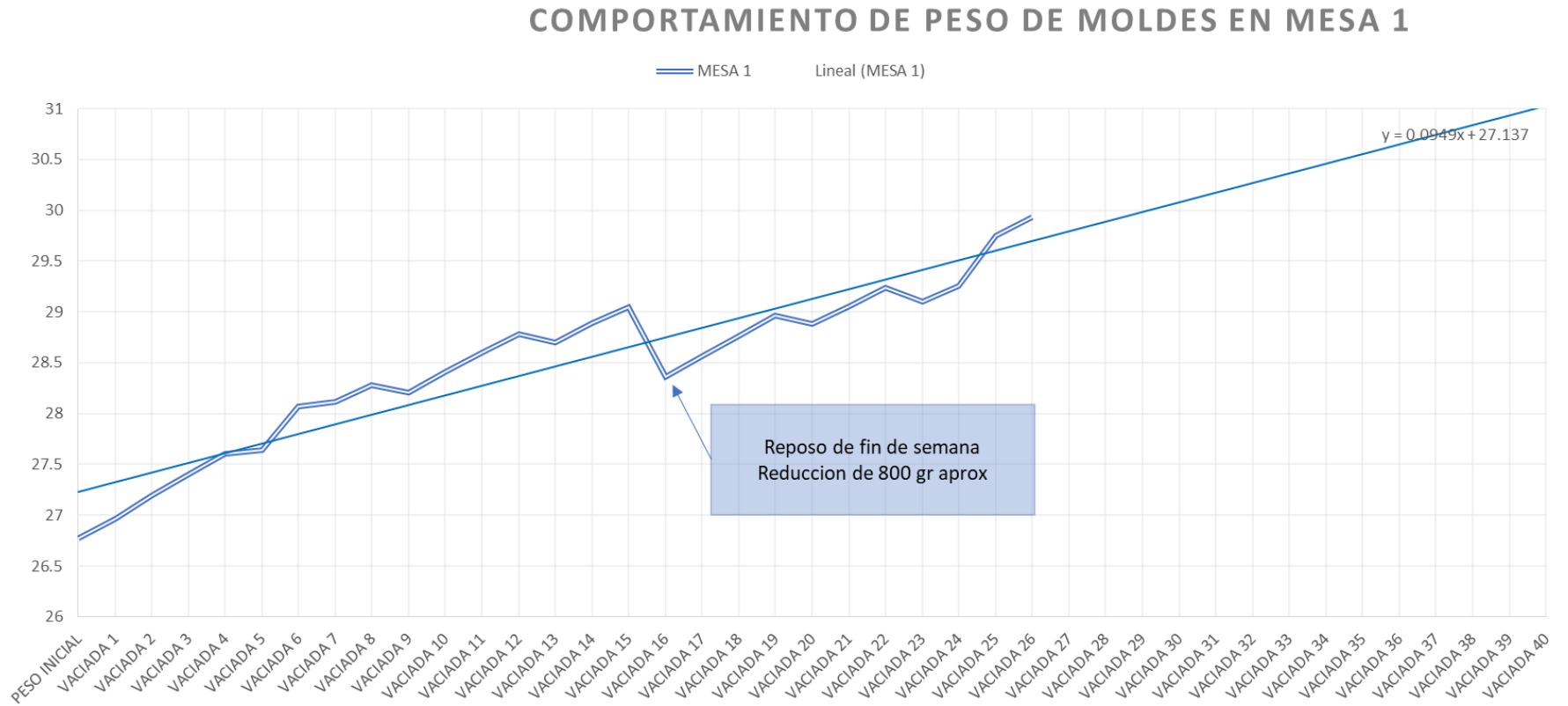
Tabla 2 Medición de la utilización del molde, datos recabados en el ciclo normal de operación de la planta de botellas.

Medición de peso de los moldes en proceso actual.

Se realizó una medición de peso a los moldes actuales durante el proceso normal para conocer la saturación de humedad que van teniendo durante el proceso. Se realizó en dos moldes de mesas diferentes. Los resultados se muestran en las siguientes gráficas.

Gráfica 3

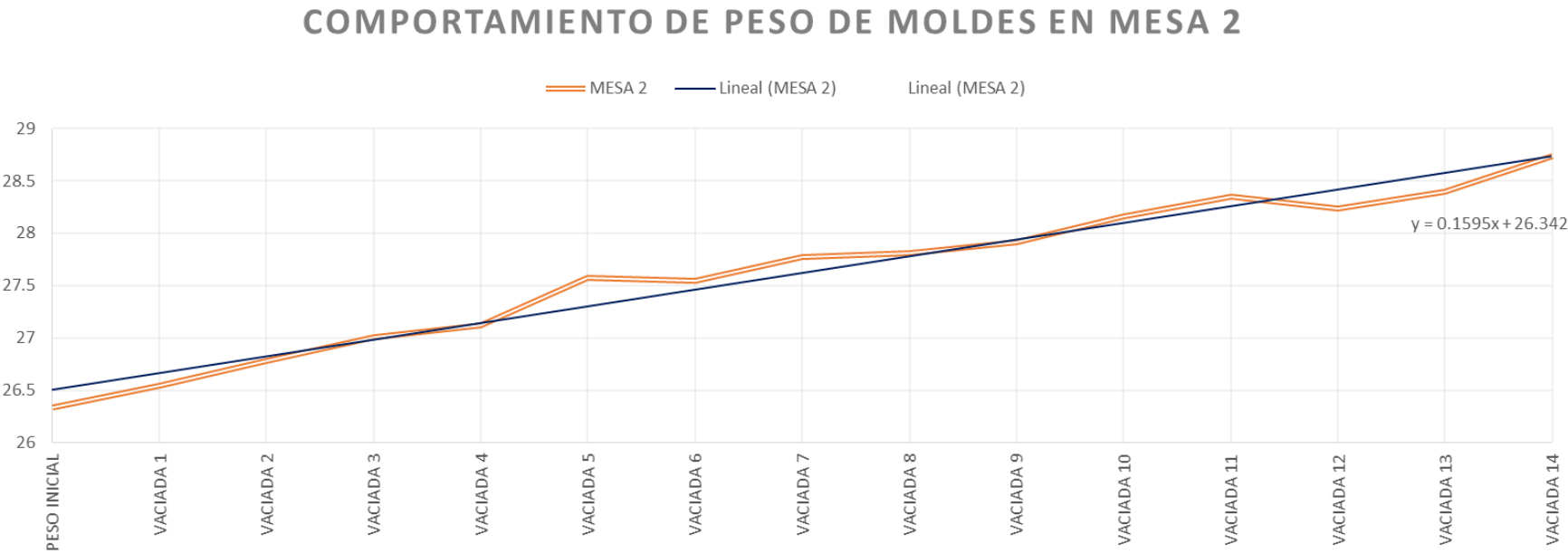
Comportamiento del peso del molde en mesa 1.



Gráfica 3 Comportamiento del peso del molde en mesa 1. Datos obtenidos en mediciones en la operación normal de la planta de botellas.

Gráfica 4

Comportamiento del peso del molde en mesa 3.



Gráfica 4 Comportamiento del peso del molde en mesa 1. Datos obtenidos en mediciones en la operación normal de la planta de botellas.

Prueba de estrés del molde.

Para identificar la capacidad máxima de cada molde se realizó una primera prueba de estrés, la cual consistió en hacer ciclos de vaciado en 3 moldes nuevos, uno inmediatamente después del otro hasta que la vida útil del molde lo permitiera, midiendo los tiempos de fraguado y reposo en lo que se formaba la botella.

Los datos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3

Prueba de estrés del molde.

Prueba de estrés del molde

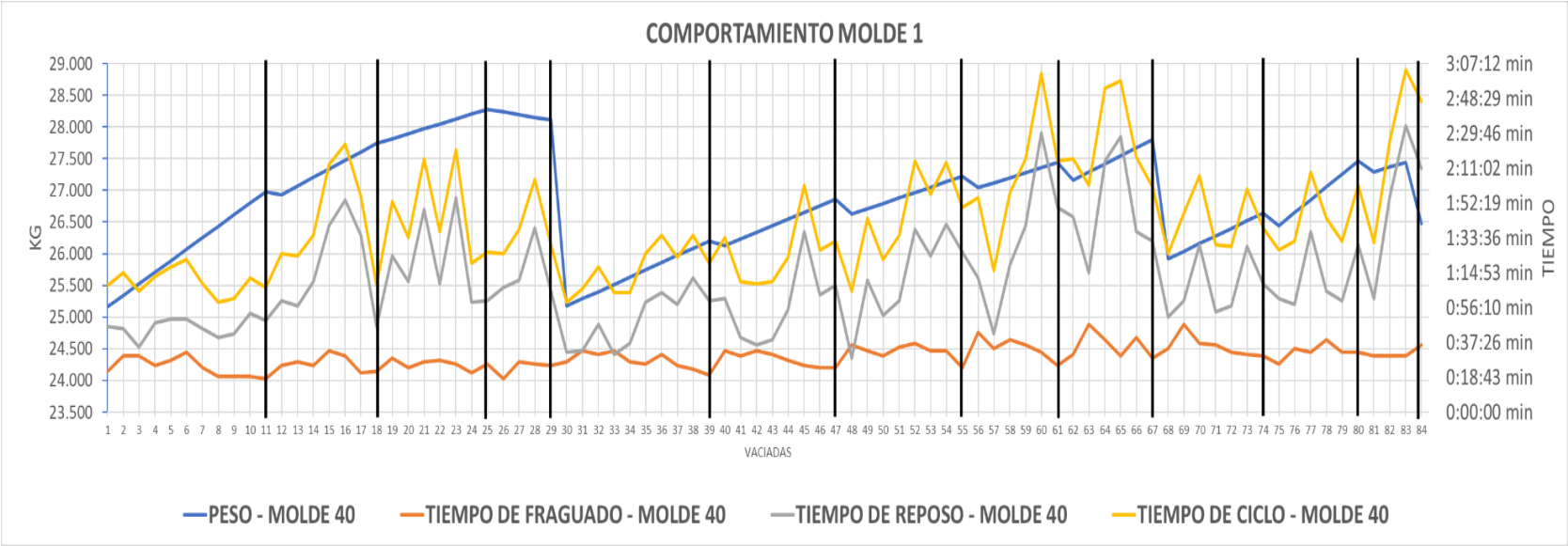
DIAS	CICLOS		
	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
DIA 1	11	11	11
DIA 2	7	7	10
DIA 3	7	8	9
DIA 4	4	5	5
DIA 5	SABADO		
DIA 6	DOMINGO		
DIA 7	10	10	10
DIA 8	8	8	8
DIA 9	6	6	6
DIA 10	6	6	6
DIA 11	6	6	6
DIA 12	SABADO		
DIA 13	DOMINGO		
DIA 14	7	7	7
DIA 15	6	6	6
DIA 16	6	6	6
DIA 17	4	4	4
TOTAL	88	90	94

Tabla 3 Prueba de Estrés del molde, mediciones recabadas en planta de fabricación de botella, con un molde nuevo.

Se observa que el molde tiene capacidad de poder ser utilizado por más ciclos de los que actualmente se usan (5 ciclos), los pesos, los tiempos de secado y fraguado de cada uno de los moldes probados se observan en las siguientes gráficas.

Gráfica 5

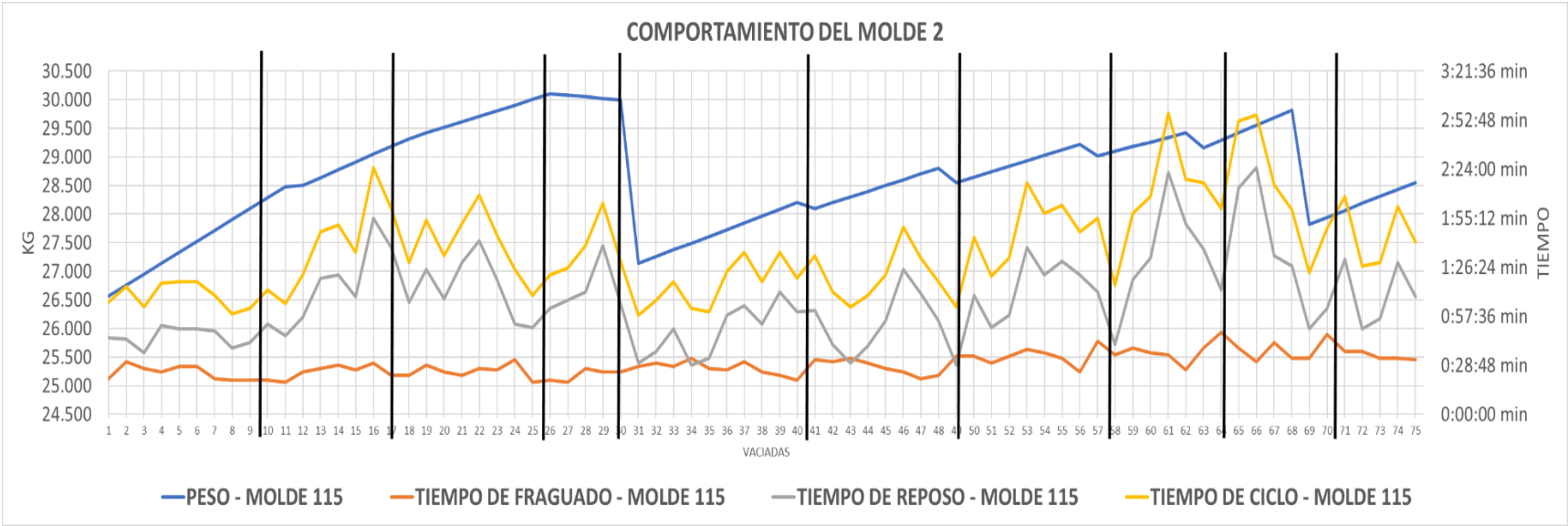
Comportamiento del molde 1.



Gráfica 5 Comportamiento del molde 1, datos recadados durante la prueba de estrés del molde, en la planta de fabricación de botellas.

Gráfica 6

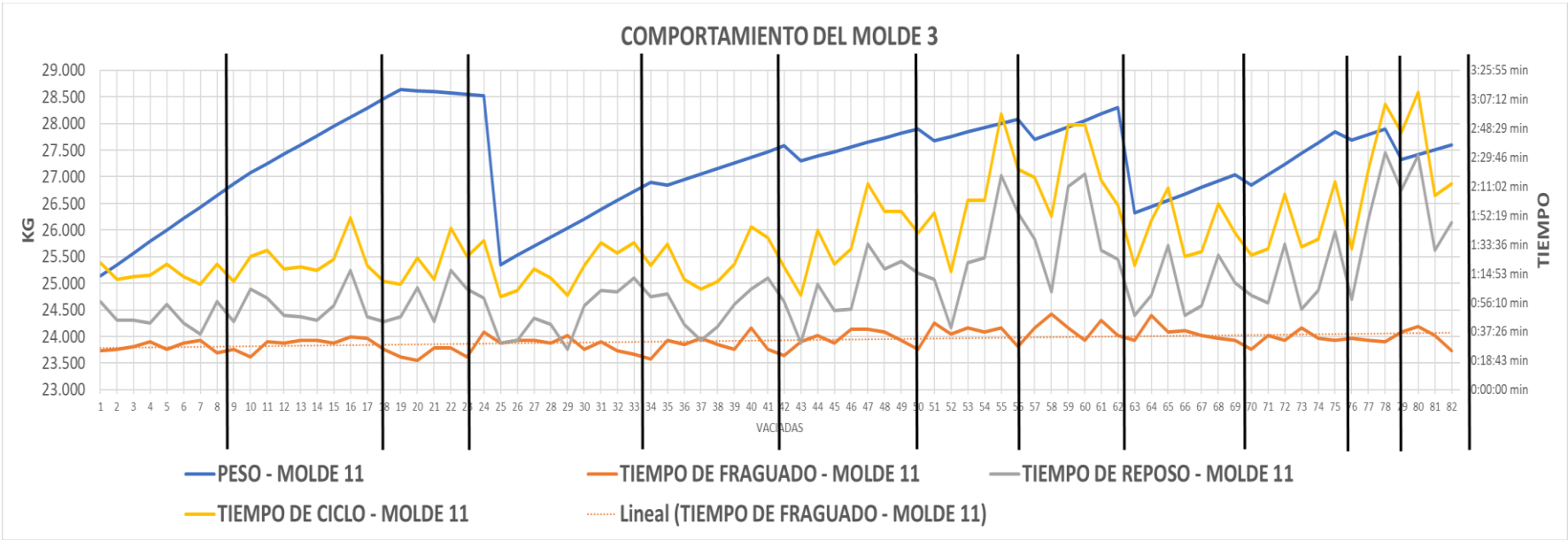
Comportamiento del molde 2.



Gráfica 6 Comportamiento del molde 2, datos recadados durante la prueba de estrés del molde, en la planta de fabricación de botellas.

Gráfica 7

Comportamiento del molde 3.



Gráfica 7 Comportamiento del molde 3, datos recadados durante la prueba de estrés del molde, en la planta de fabricación de botellas.

Con esta información conocida (recursos, capacidades en el proceso actual), los datos obtenidos de las mediciones de tiempos de ciclo y tiempo de utilización del molde, más los datos recabados de la prueba de estrés del molde y de la medición del peso ganado por molde durante la operación, se obtiene la siguiente información valiosa para el desarrollo de este trabajo.

- Un molde nuevo o en óptimas condiciones puede soportar hasta 11 ciclos al día. Pero mantenerlo en óptimas condiciones implica meter un sistema de secado durante cada ciclo de vaciado.
- El dato actual de **5 ciclos al día** se acerca más al límite inferior cuando el molde ya tiene la saturación acumulada de una semana de trabajo. Por lo cual se tiene en el proceso actual un gran margen para mejorar la utilización actual de los moldes.
- El tiempo de fraguado o de formación de pared es muy similar sea cual sea la saturación del molde, lo que alarga el ciclo de vaciado es el tiempo de reposo para que se endurezca la pieza y se pueda desmoldar, esto debido a que el molde entre más saturado tiene menos capacidad de secado.
- En promedio, el molde acumula 180 gr por ciclo, equivalente a 1.800 kg por cada 10 ciclos. Dato importante para diseñar la capacidad de algún sistema de secado.
- Los tiempos de un ciclo en una mesa son: **tiempo mínimo 5,666 segundos, tiempo promedio 10,105.90 segundos, tiempo máximo 16,728 segundos.**
- Dentro de cada ciclo de vaciado, cada molde tiene tiempos muertos o tiempos en los que no está siendo productivo, estos tiempos son: **tiempo mínimo 1,642 segundos, tiempo promedio 2,946 segundos, tiempo máximo 4729 segundos.**
- Los tiempos más grandes durante el ciclo son en los pasos de fraguado y secado de botella. Para el **fraguado: tiempo mínimo 1,200 segundos, tiempo máximo 1,680 segundos, tiempo promedio 1.371 segundos.** Para el **secado de botella son: tiempo mínimo 900 segundos, tiempo máximo 4,740 segundos, y tiempo promedio de 2,598 segundos.**

NOTA: Durante los tiempos de fraguado y de reposo, que son los más representativos, el operador no tiene ninguna intervención en el molde.

- El tiempo promedio de interacción del operador con cada uno de los moldes es de **140 segundos**.

Partiendo de la información obtenida, se realizó en piso una medición y modificación en la secuencia de las actividades del proceso actual para encontrar la forma óptima de realizar el ciclo de vaciado.

El proceso actual como se describió en la prueba de utilización del molde es continuo, se termina un ciclo en los 35 moldes, y al terminar el ciclo, se vuelve a comenzar de igual manera. (Ver diagrama 7).

Diagrama 7

Secuencia de actividades en los ciclos de vaciado actual.

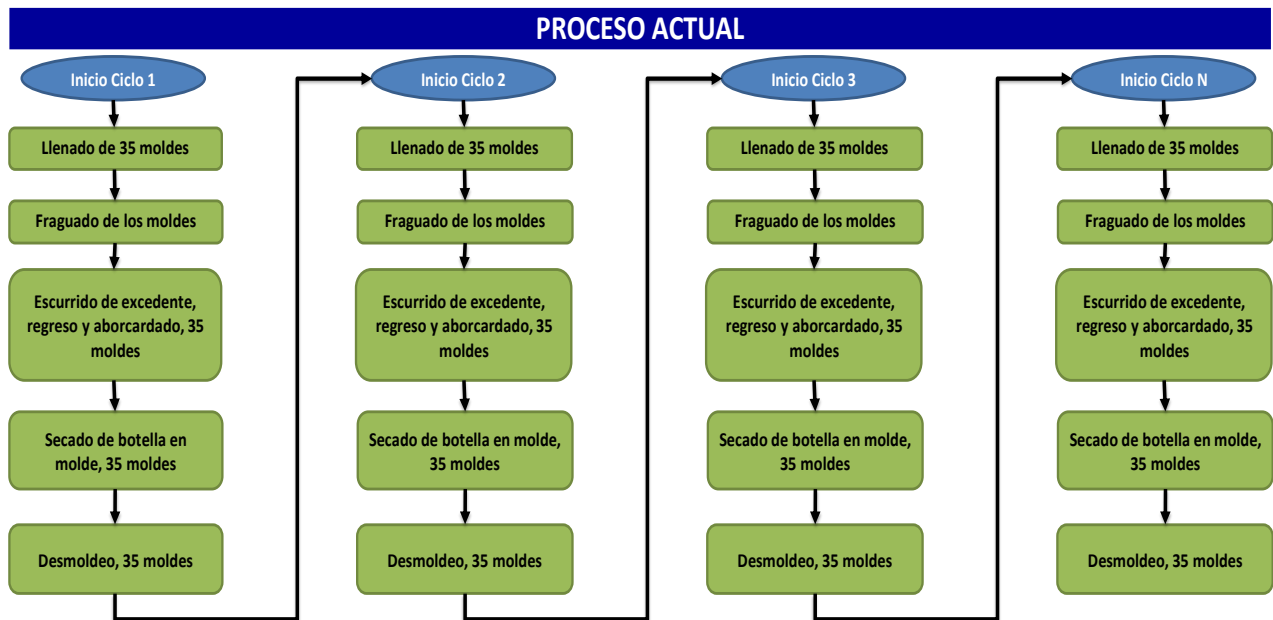


Diagrama 7 Secuencia de actividades del ciclo de vaciado actual.

Tras el estudio de tiempos y movimientos y mediante un sondeo con los operadores del área de vaciado se determinó que la nueva secuencia del proceso en la que el molde podría tener mejor tiempo de utilización es que cuando después de desmoldar las botellas, el molde se vuelva a llenar sin necesidad de dejarlo vacío hasta que se desmolde el total de la línea. Se acordó que por optimización de operaciones sea cada 7 moldes, esto por el numero actividades descritas anteriormente.

La propuesta de la nueva secuencia de actividades en el proceso se ilustra en el siguiente diagrama. (Ver diagrama 8).

Diagrama 8

Secuencia modificada de actividades en los ciclos de vaciado.

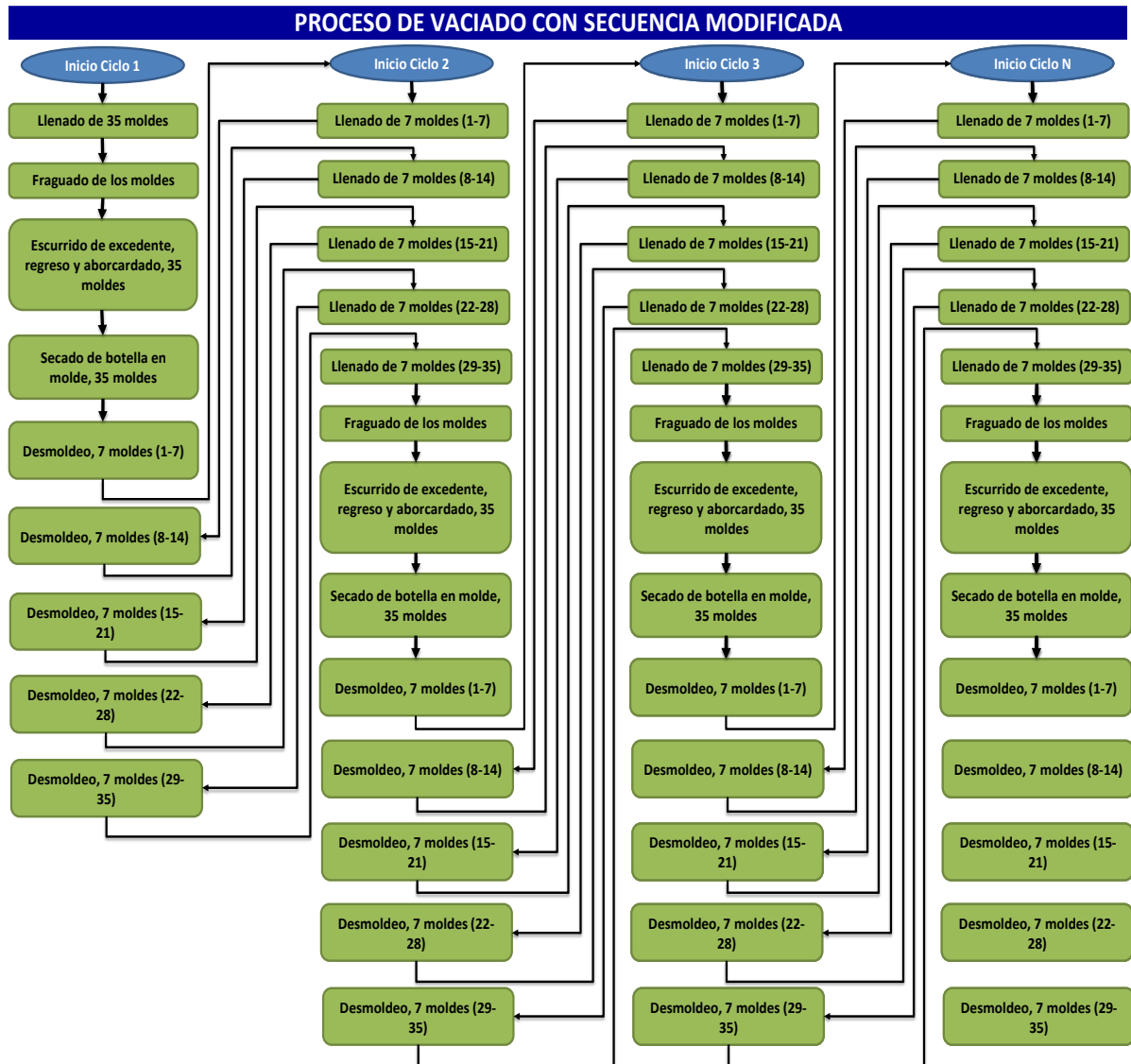


Diagrama 8 Secuencia modificada de actividades en los ciclos de vaciado.

Para describir de mejor manera y de una forma más visual de el porqué se llegó a esta propuesta de modificación de la secuencia del ciclo de vaciado, se representan mediante diagramas hombre-máquina el comportamiento de los moldes y del operador con los diferentes métodos, el método actual y el método propuesto seccionado en 5 secciones de 7 moldes la mesa de vaciado. (Ver diagramas 9 y 10).

Diagrama 9

Hombre-máquina del comportamiento de secciones propuestas en el método actual.

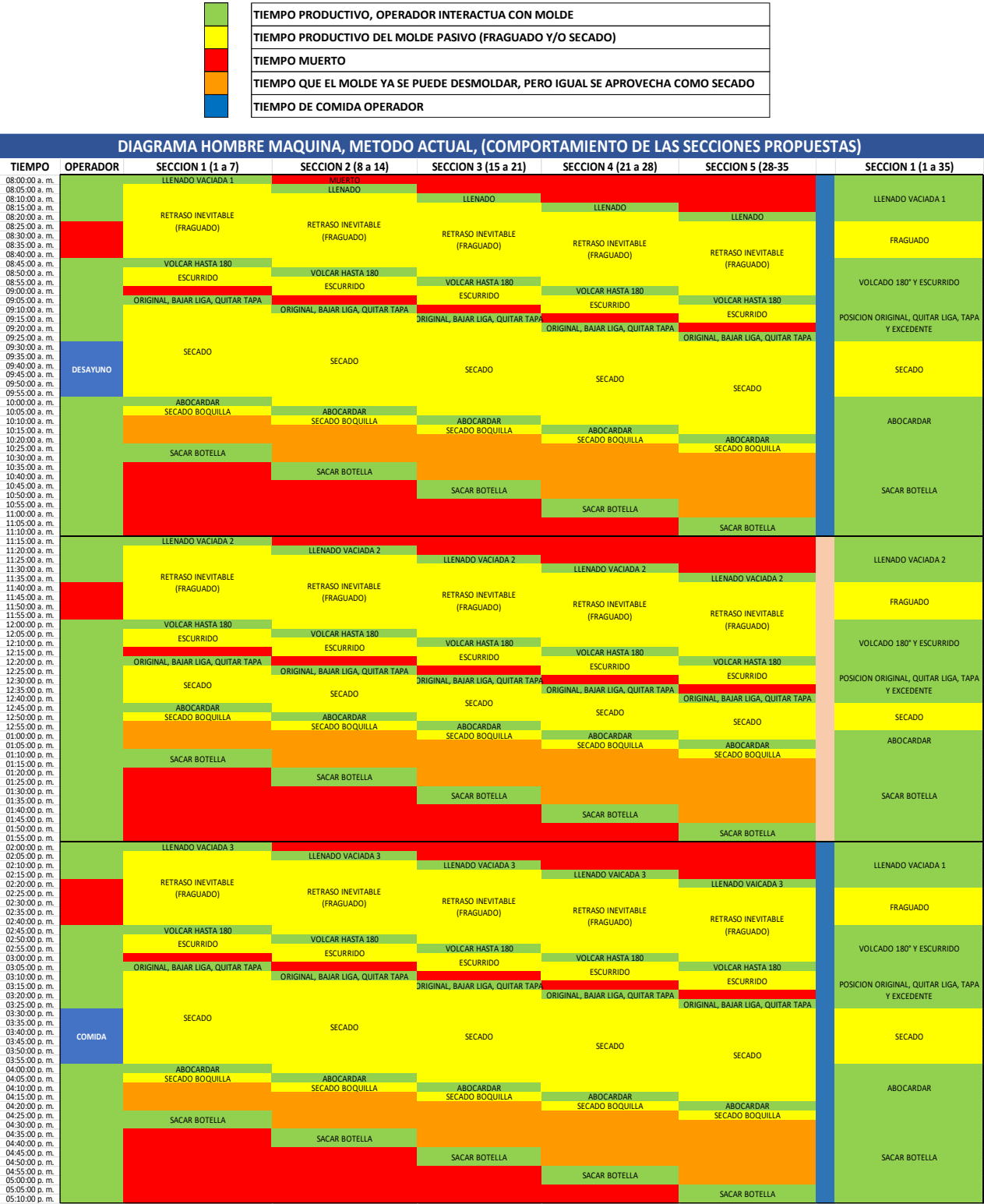


Diagrama 9 Hombre-máquina del comportamiento de las secciones propuestas en el método actual de vaciado. Elaboración propia.

Diagrama 10

Hombre-máquina del comportamiento de las secciones propuestas con el método modificado.

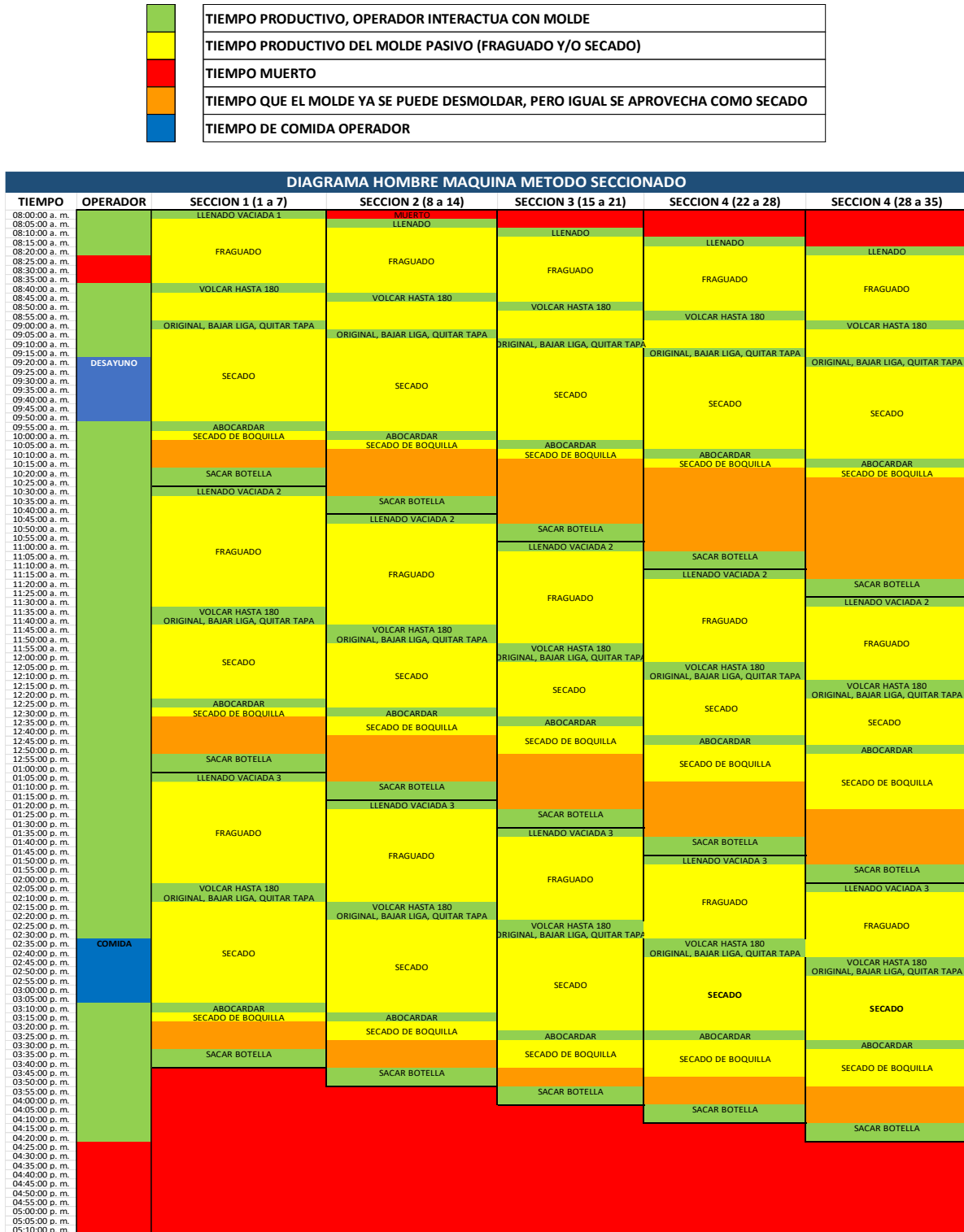


Diagrama 10 Hombre-máquina del comportamiento de las secciones propuestas con el método modificado. Elaboración propia.

Con esa simple modificación de la secuencia de actividades, la misma productividad se logra en un menor tiempo, se reducen los tiempos muertos del molde y las botellas pueden estar en un mayor tiempo de secado, lo cual es bueno para el proceso, ya que las botellas saldrían más rígidas o con más resistencia mecánica del molde.

Prototipo de secado.

Actualmente el secado se realiza de manera ambiental únicamente dejando en reposo los moldes sobre la mesa, y por medio del ambiente se secan un poco, pero solo las caras externas del molde (condiciones que cambian según el clima), no la zona interior que es por donde se hace la absorción del molde (Figura 11).

Figura 11

Secado natural de los moldes durante el reposo.

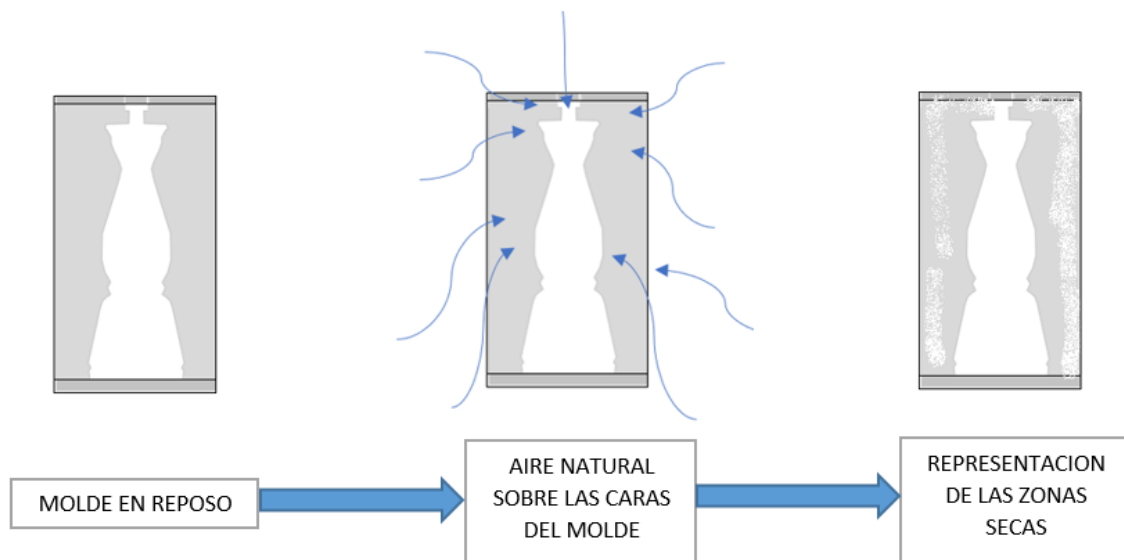


Figura 11 Secado Natural de Moldes, actual mediante reposo después del turno al ambiente.

De acuerdo con los datos del comportamiento de los moldes, se tienen registros que informan que en caso de mantener los moldes secos durante la operación se puede tener mejores tiempos de productividad. Para comprobar esta teoría se diseñó un prototipo de secado de

moldes. El prototipo de secado es desmontable en la mesa, y se trabaja únicamente durante el tiempo que la mesa no es utilizada, para no tener pérdidas de disponibilidad.

Consta de una cabina de generación de calor y de ahí se inyecta el aire tibio por medio de una turbina, a través de un ducto flexible por debajo de la mesa para inyectar el aire verticalmente a los moldes que están montados en la mesa. (Ver figura 12 y 13)

Figura 12

Diseño de ducto de secador de moldes en mesa.

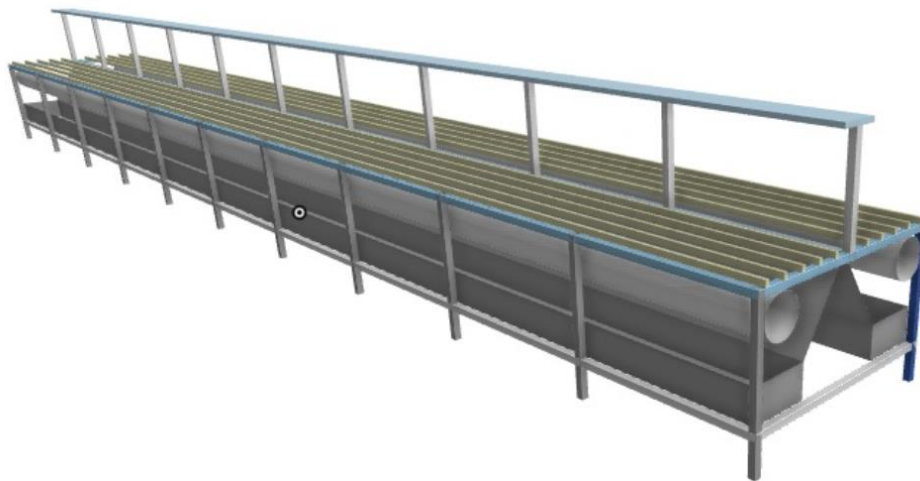


Figura 12 Diseño de ducto de secador de moldes en mesa.

Figura 13

Diseño de secador montado en la mesa.



Figura 13 Diseño de secador montado en mesa.

El secador que se propone es un sistema de inyección de aire tibio directamente sobre las zonas de interés de secado del molde, que en este caso son las caras interiores del molde (Figura 14).

Figura 14

Secado propuesto con el secador con aire tibio.

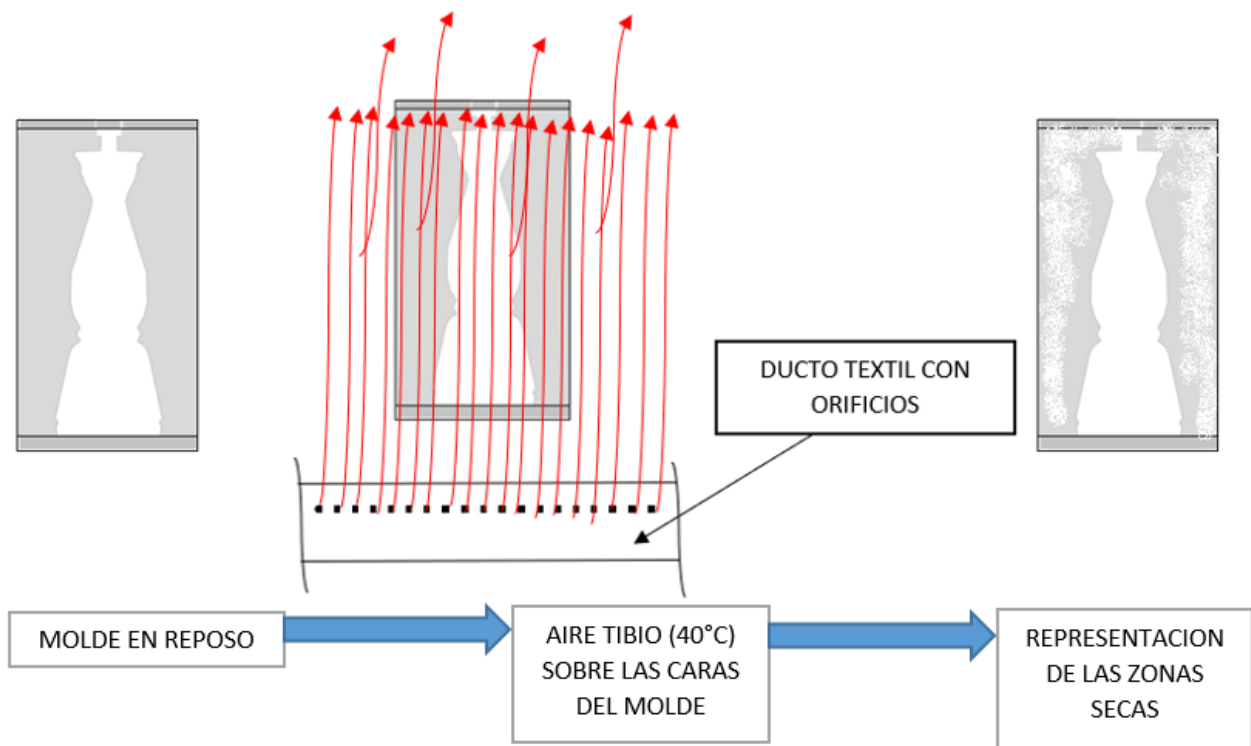


Figura 14 Secado por medio de aire tibio con el secador.

NOTA: El diseño de un secador eficiente con la capacidad ideal, no es parte del alcance de este trabajo; sin embargo, consideramos ventajoso construir un prototipo para verificar que el molde pueda perder la humedad ganada entre los ciclos normales de vaciado sin sacarlos del área de trabajo y verificar que los moldes sigan teniendo permeabilidad y absorción de la humedad de la barbotina para que sigan siendo funcionales para el proceso después de ser sometidos al secado.

El prototipo de secado tiene los siguientes objetivos.

- Diseñar un sistema de secado de moldes más eficiente, en el que se mantengan las condiciones de humedad y peso lo más constante posibles durante su vida útil para mantener el ritmo de producción en vaciado.
- El secado de los moldes deberá estar enfocado sobre el área de interés, es decir, la parte interna del mismo.
- El sistema deberá ser de fácil instalación/montaje y desinstalación/desmontaje.
- Deberá interferir de forma mínima en la operación.
- El sistema deberá estar dentro del área de vaciado, sin la necesidad de trasladar moldes a otra área.
- El sistema deberá cumplir con la función de secar moldes.

Construcción del prototipo de secado.

Calentamiento de aire.

Se propone utilizar calefactores ambientales a gas para calentar aire dentro de una cabina diseñada para ello, de donde se tomará el aire caliente para distribuirlo e inyectarlo en los moldes a lo largo de la mesa. (Ver figura 15).

Figura 15

Cabina de calentamiento de aire.

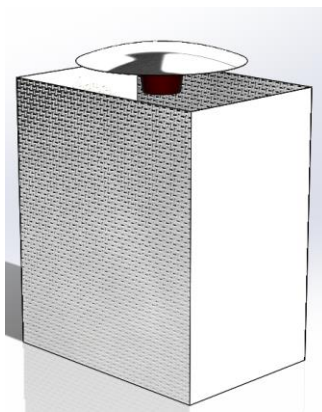


Figura 15 Cabina de calentamiento de aire. Diseño propio.

Impulsión de Aire.

Se utilizará un ventilador centrífugo de álabes curvos adelantados, para generar el caudal necesario para las pruebas. (Ver figura 16).

Figura 16

Turbina centrífuga.



Figura 16 Turbina Centrífuga

Distribución e inyección de aire.

Se propone utilizar un ducto textil que, dadas sus características flexibles, pueda ser desmontado o apartado de la mesa cuando se esté vaciando y se adapte al espacio disponible debajo de la mesa, donde inyectará el aire; logre una distribución uniforme del aire en toda la mesa y sea distribuido con la menor exigencia de potencia posible. El ducto se contempla con tantos orificios como moldes se tengan en la mesa. (Ver figura 17 y 18).

Figura 17

Ejemplo de ducto textil.



Figura 17 Ejemplo de ducto textil.

Figura 18

Ilustración de ducto propuesto.

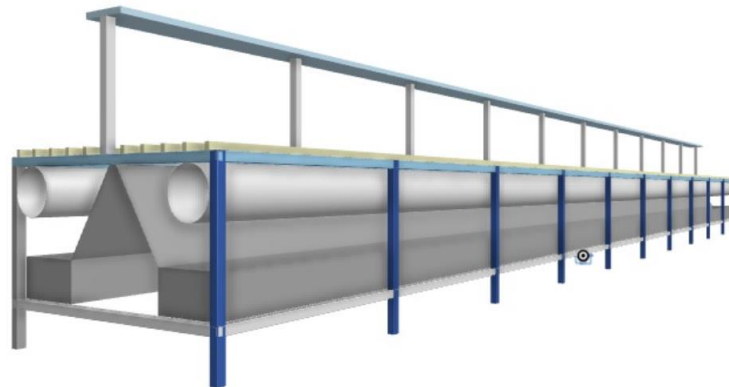


Figura 18 Ilustración de ducto propuesto.

Construcción del prototipo de secado.

Cabina de calentamiento.

El prototipo de secado se construyó dentro de las instalaciones de la planta de fabricación de botellas, primeramente, se construyó el sistema de calentamiento. (Ver figura 19)

Figura 19

Construcción de la cabina de calentamiento.



Figura 19 Construcción de la cabina de calentamiento. Fabricación propia dentro de las instalaciones de la planta de botellas.

Construcción de ductos flexibles.

Se tuvo que fabricar el ducto flexible, de forma tanto redonda como ovalada, con diferentes longitudes, formas y detalles constructivos para que se pudieran adaptar y montar en la mesa de vaciado. (Ver figura 20).

Figura 20

Construcción del ducto flexible.



Figura 20 Construcción del ducto flexible.

Montaje del prototipo en mesa.

Una vez fabricados la cabina de calentamiento de aire y el ducto flexible se integraron en la mesa de vaciado como se había proyectado. (Ver figura 21 y 22).

Figura 21

Montaje en mesa de vaciado del prototipo de secado.



Figura 21 Montaje en mesa del prototipo de secado.

Figura 22

Montaje del secador en la mesa de vaciado



Figura 22 Montaje del secador en la mesa de vaciado.

Prueba de prototipo de secado en mesa durante la operación.

Con el prototipo fabricado y montado en la mesa de vaciado se realizó una prueba de secado de moldes secos y nuevos (moldes recién fabricados sin ningún ciclo), durante tres días, para encontrar la mejor forma de operación del prototipo.

Día 1.

Con el principio anteriormente representado en la figura 12. En esta prueba se trasladó el sistema hacia las mesas de vaciado, en donde se tomó una muestra de 10 moldes de los 35 de la mesa. Se dejaron un tiempo de 10 horas. (Ver figura 23).

Figura 23

Secado de moldes.



Figura 23 Secado de moldes, para monitorear el secado de los moldes durante 10 horas.

Los resultados de las mediciones están en la siguiente tabla (Tabla 4).

Tabla 4

Mediciones de pérdida de peso con el prototipo de secado (10hr)

MOLDE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PESO INICIAL (kg)	24.23	27.56	26.43	27.02	25.35	26.78	23.93	25.19	25.72	26.35
PESO FINAL (kg)	23.64	26.93	25.6	26.48	24.67	25.97	23.52	24.69	25.02	25.78
DIFERENCIA (kg)	0.59	0.63	0.83	0.54	0.68	0.81	0.41	0.50	0.70	0.57

Tabla 4, Datos obtenidos con las mediciones durante 10 horas de secado con el prototipo en la mesa.

RESULTADOS PROMEDIO

- 630 gr menos de peso (63 g/h)
- Velocidad del aire de 9.4 m/s
- Temperatura promedio de 40°C

Día 2.

En esta prueba se dejaron moldes en diferente posición, sin tapa inferior para que el aire incidiera en el interior del molde, para determinar la forma más optima en la que serán secados, en equilibrio con el tiempo para hacerlo y la eficiencia del secado. Se dejaron igual 10 horas expuestos a temperatura y velocidad constante. (Ver figura 24 Y 25).

Figura 24

Secado propuesto con el secador con aire tibio sin tapa inferior.

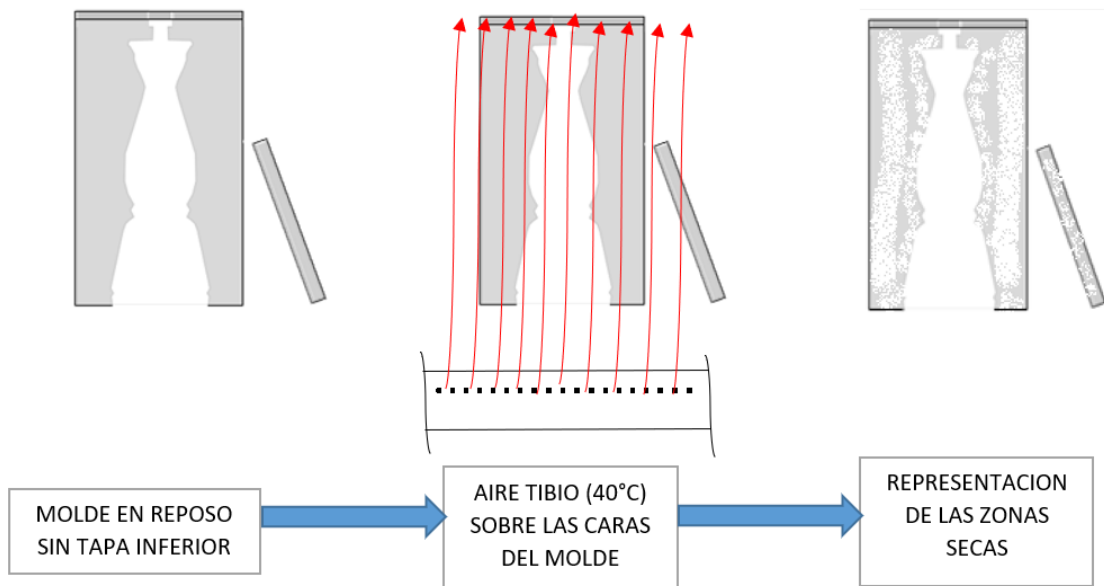


Figura 24 Secado de moldes con el secador, moldes sin tapa inferior.

Figura 25

Imagen de los moldes sin tapa.



Figura 25 Molde sin tapa inferior, para monitorear el secado de los moldes durante 10 horas.

Los resultados de las mediciones están en la siguiente tabla (Tabla 5).

Tabla 5

Mediciones de pérdida de peso con el prototipo de secado (10hr), con los moldes sin tapa.

MOLDE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PESO INICIAL (kg)	25.34	24.64	27.82	25.79	27.12	26.92	23.97	24.19	24.73	23.76
PESO FINAL (kg)	24.12	23.81	26.52	24.58	26.17	25.94	23.12	23.31	23.98	23.09
DIFERENCIA (kg)	1.22	0.83	1.30	1.21	0.95	0.98	0.85	0.88	0.75	0.67

Tabla 5 Secado de moldes sin tapa, datos recabados para verificar la forma más optima de secar los moldes.

RESULTADOS

- Manera óptima: sin tapa inferior.
- Temperatura optima de 40°C
- Velocidad de 10 m/s.
- 930 gramos menos de peso (93 g/hr)

Día 3.

En esta prueba además de dejar los moldes sin tapa, se dejaron en zigzag para monitorear la pérdida de agua igualmente durante 10 horas de secado. (Ver figura 26 y 27).

Figura 26

Secado de moldes sin tapa inferior, acomodados en zigzag.



Figura 26 Molde sin tapa inferior, para monitorear el secado de los moldes durante 10 horas acomodados en zigzag.

Figura 26

Formación zigzag.

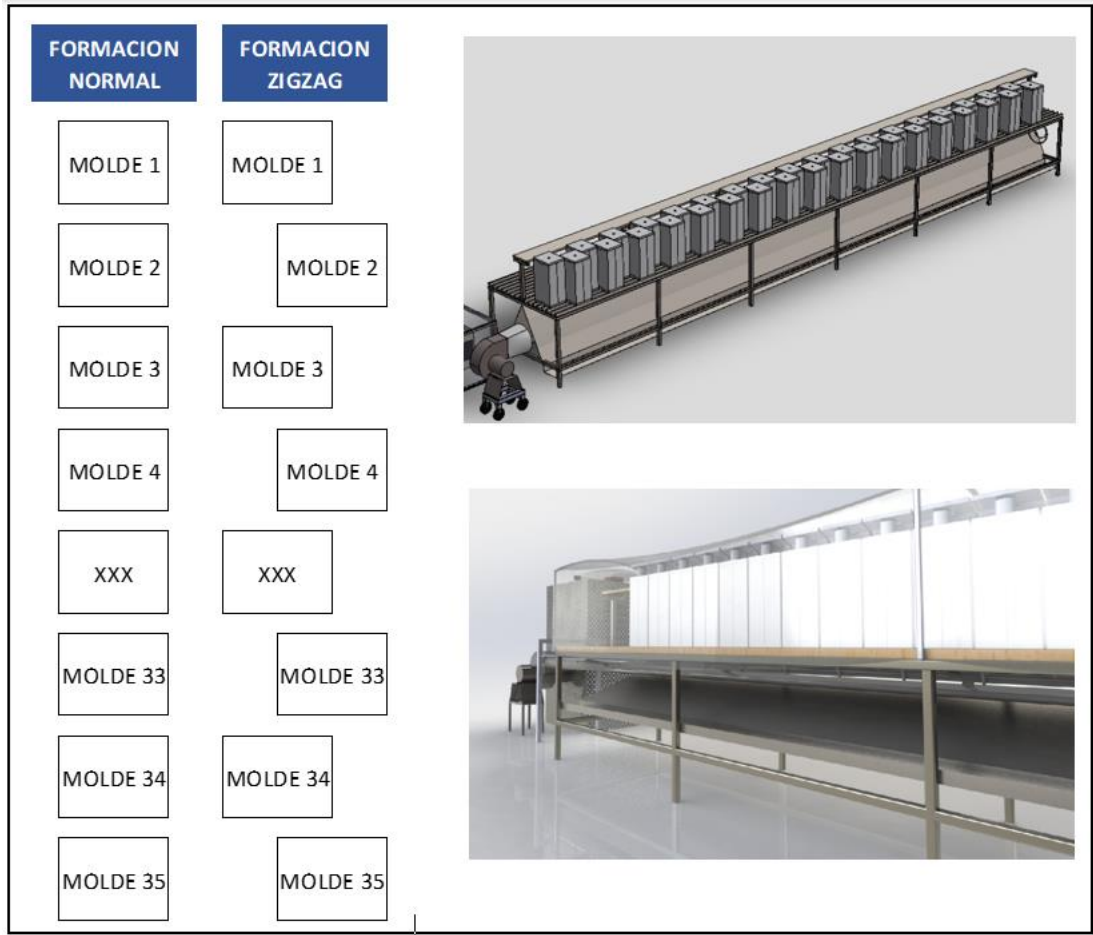


Figura 27 Formación normal y formación zigzag de los moldes.

Los resultados de las mediciones están en la siguiente tabla (Tabla 6).

Tabla 6

Mediciones de pérdida de peso con el prototipo de secado (10hr), con los moldes sin tapa acomodados en zigzag.

MOLDE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PESO INICIAL (kg)	26.12	27.34	27.83	24.13	28.09	27.35	25.77	25.83	24.78	25.89
PESO FINAL (kg)	24.65	25.99	26.48	23.15	26.86	25.86	24.17	24.26	23.46	24.24
DIFERENCIA (kg)	1.47	1.35	1.35	0.98	1.23	1.49	1.60	1.57	1.32	1.65

Tabla 6 Mediciones de pérdida de peso con el prototipo de secado (10hr), con los moldes sin tapa acomodados en zigzag.

Estas pruebas de los primeros 3 días, sirvieron para saber la forma más optima de dejar los moldes secando durante 10 horas. El resumen de los datos se muestra en la siguiente tabla (Tabla 7).

Tabla 7

Peso perdido por hora en cada una de las formas de posición de los moldes.

FORMA	PROMEDIO DE PERDIDA DE PESO
NORMAL	63 g/h
SIN TAPA	96 g/h
SIN TAPA EN ZIGZAG	140 g/h

Tabla 7 Peso perdido promedio en los moldes, en cada una de las diferentes posiciones durante el secado, normal, sin tapa, sin tapa y en zigzag.

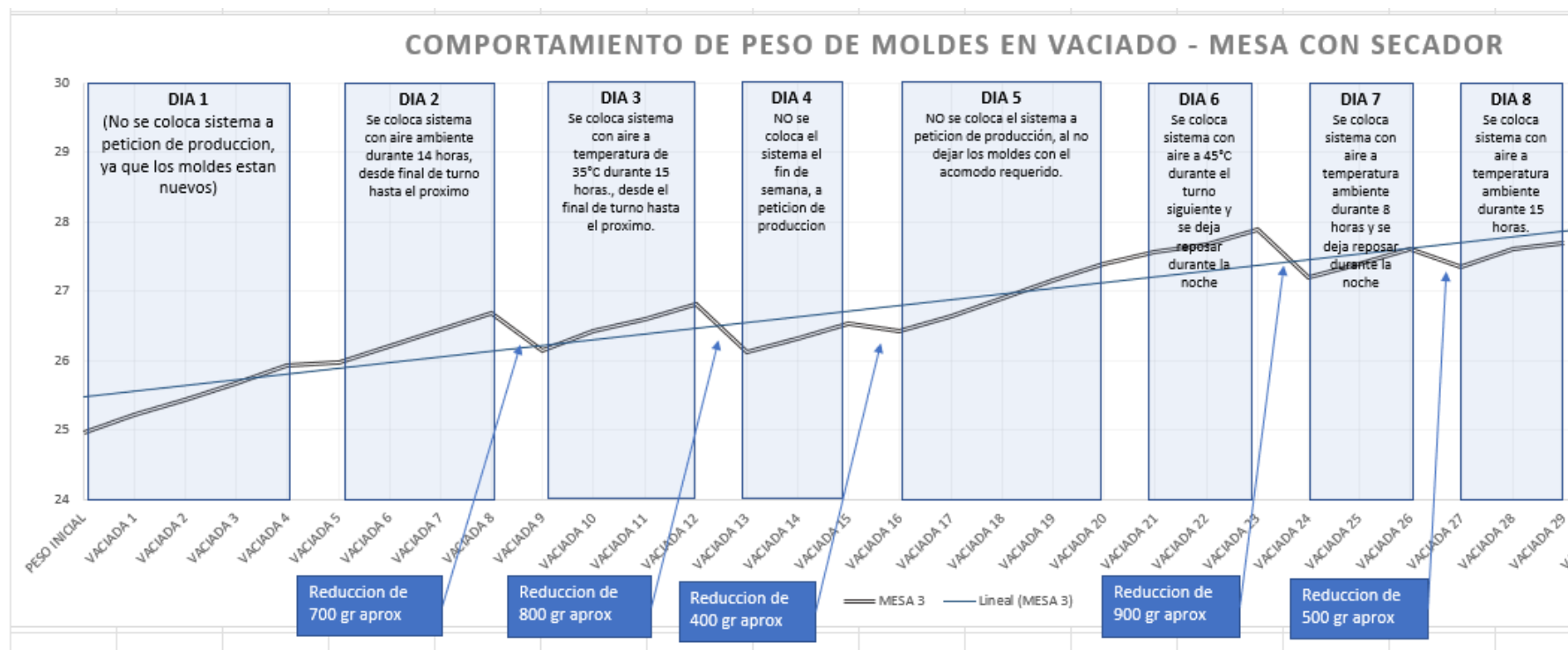
Conociendo la mejor forma de dejar los moldes a secar (sin tapa y en zigzag), se montó el prototipo en la mesa durante la primera semana de la vida útil de los moldes para monitorear su comportamiento durante la operación normal y determinar la factibilidad del secador. Para garantizar la fiabilidad de la prueba se realizó con las condiciones normales de un día de operación, pero solo se dejó por ciertas horas el prototipo según la disposición del coordinador de producción y con la posición normal de operación, ya que dejar los moldes sin tapa y en zigzag requiere esfuerzo de operadores, además de que interfiere en los tiempos operación diaria y el objetivo de las pruebas era no comprometer la producción actual.

Durante esa semana se midieron el peso y humedad interna en una muestra de moldes; se dejaron durante el tiempo no productivo de mesa, a moldes expuestos todos los días, pero con las condiciones autorizadas por el coordinador de producción.

Los resultados y comentarios se muestran en la gráfica siguiente (grafica 8).

Gráfica 8

Peso promedio perdido en los moldes con el prototipo de secado, con las condiciones autorizadas por el coordinador de producción.



Gráfica 8 Comportamiento promedio de los moldes, con el prototipo de secado en la operación normal.

Después de realizadas las pruebas se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- El prototipo de secado es eficiente ya que reduce el peso ganado durante la jornada y deja seca la parte interna de los moldes, facilitando la operación.
- La temperatura para secarlos de esta forma es de 45°C
- La velocidad a la salida de los orificios en el ducto textil debe ser de 10 m/s en un área de aprox. 0.0008 m²
- La manera de dejar los moldes para secado que representa un equilibrio entre la eficiencia del secado y la operación diaria de vaciado es sin la tapa inferior, en zigzag conservando el fleje.

4.1. Sistematización y aplicación de escalas de medición

Hasta este punto, ya se cuenta con información suficiente para poder realizar la simulación del proceso actual, y sumado con los datos obtenidos del prototipo de secado empatados con el comportamiento de los moldes se detecta que una buena oportunidad de mejorar u optimizar nuestro proceso, es enfocarnos en aumentar la utilización del molde durante los turnos. Esto sustentado con las pruebas realizadas donde se descubrió la capacidad real de los moldes, los tiempos que tiene de acuerdo con su peso o saturación, pero si se logran mantener secos, (como se logró con el prototipo de secado) se pueden tener una mayor capacidad por más días, además de que en las mediciones del proceso se descubrió que, en cada ciclo de vaciado, cada uno de los moldes tiene casi el 40% del tiempo no productivo.

Para demostrarlo se realizarán las siguientes simulaciones.

- Una con las condiciones, proceso y tiempos actuales, con el objetivo de corroborar que la simulación arroja resultados aproximados a la realidad y validar de este modo el comportamiento del simulador.
- Otra modificando el proceso o la secuencia de la operación, de tal forma que se busque reducir el tiempo no productivo de cada molde. Manteniendo los mismos tiempos de secado y fraguado de los moldes.
- Otra simulación, con el proceso actual, pero con los mejores tiempos de fraguado y secado de los moldes, obtenidos con las mediciones realizadas y manteniendo

los moldes lo más secos posible, todo basado en lo demostrado con el prototipo de secado.

- Otra con los tiempos y capacidades que se pueden lograr secando los moldes, y con la modificación del proceso descrito anteriormente aumentando el tiempo productivo del molde durante cada ciclo de vaciado, para ello es necesario modificar la operación actual.

La escala de medición para estas simulaciones y verificar la viabilidad del proyecto son:

- Cantidad de piezas producidas o que se pueden producir por turno.
- Tiempos de cada ciclo completo.
- Utilización de los moldes.

4.2. Organización de la información obtenida

En el FlexSim, se hicieron las 4 simulaciones mencionadas. Por simplicidad, se toma como referencia una sola mesa de vaciado a un turno y se multiplicaría el valor obtenido por el número de mesas de vaciado que se puedan trabajar en cada una las plantas productivas. Por lo que los datos de interés serán por mesa de trabajo en un turno normal. (Ver figuras 28 y 29).

Figura 28

Vista de pantalla FlexSim antes de comenzar la simulación.

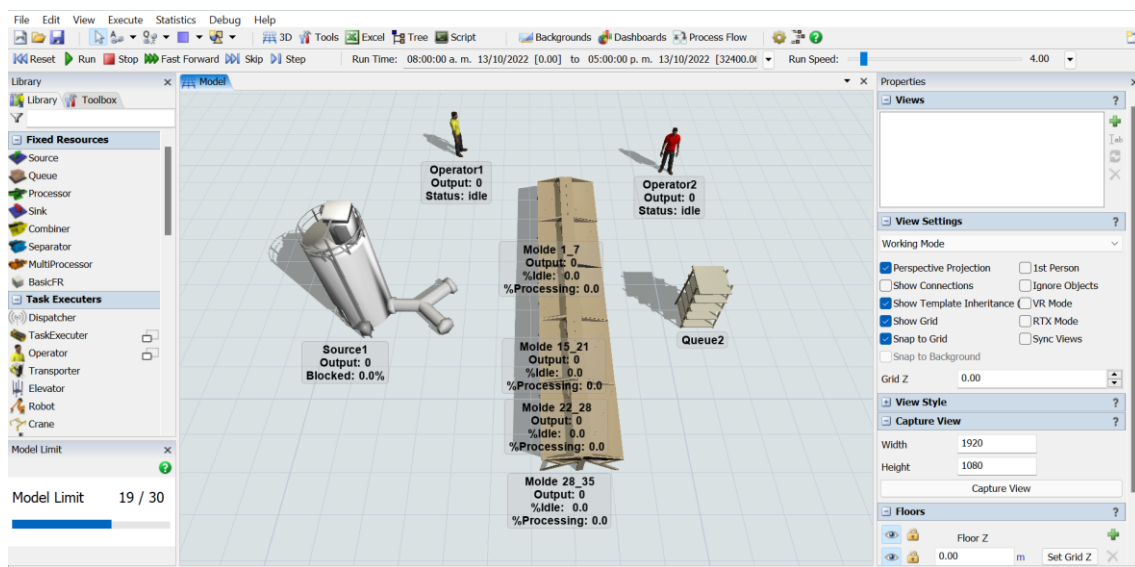


Figura 28 Vista FlexSim antes de la simulación

Figura 29

Vista de la pantalla de FlexSim con la simulación finalizada.

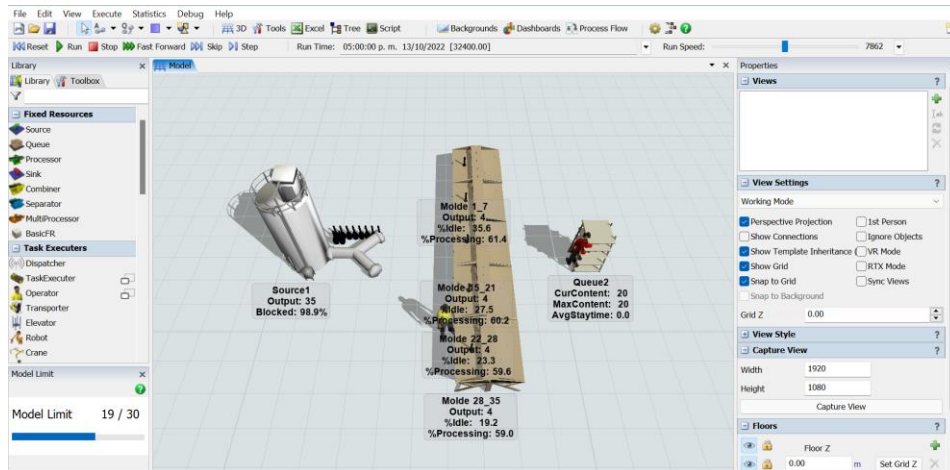


Figura 29 Pantalla de FlexSim con la simulación terminada

Los datos que nos interesa saber son:

- Cuantos ciclos de vaciado se pueden hacer en cada molde.
- Cuanto tiempo de utilización tienen el molde.
- Productividad (piezas vaciadas por mesa).

1er Simulación, Tiempos de secado-fraguado promedio y procedimiento actual (Figura 30).

Figura 30

Pantalla de FlexSim, primera simulación.

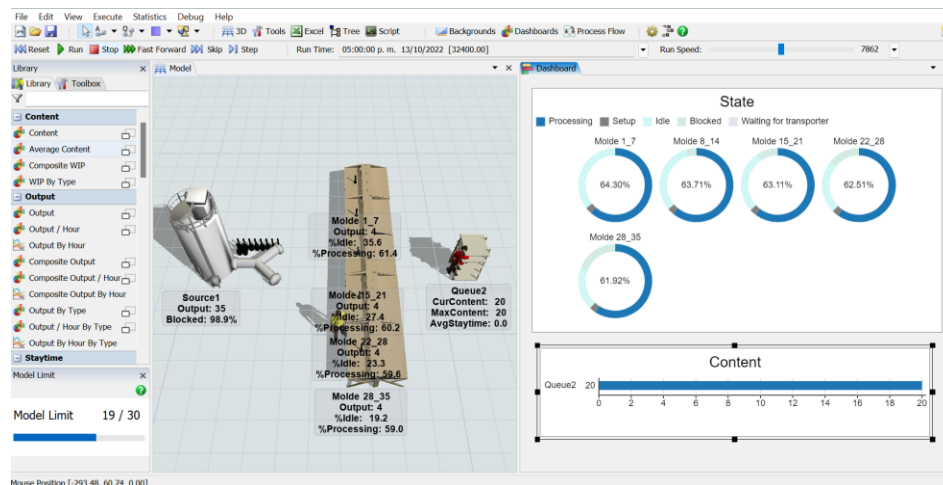


Figura 30 Pantalla de FlexSim, primera simulación.

Resultados:

- Ciclos de vaciado en cada molde: **4.**
- Tiempo de utilización del molde: **Mín 61.92% - Max 64.30%.**
- Productividad: **20 Salidas** (Cada salida representa 7 piezas) **140 botellas.**

2da Simulación, Tiempos de secado-fraguado promedio y procedimiento sugerido (Figura 31).

Figura 31

Pantalla de FlexSim, primera simulación.

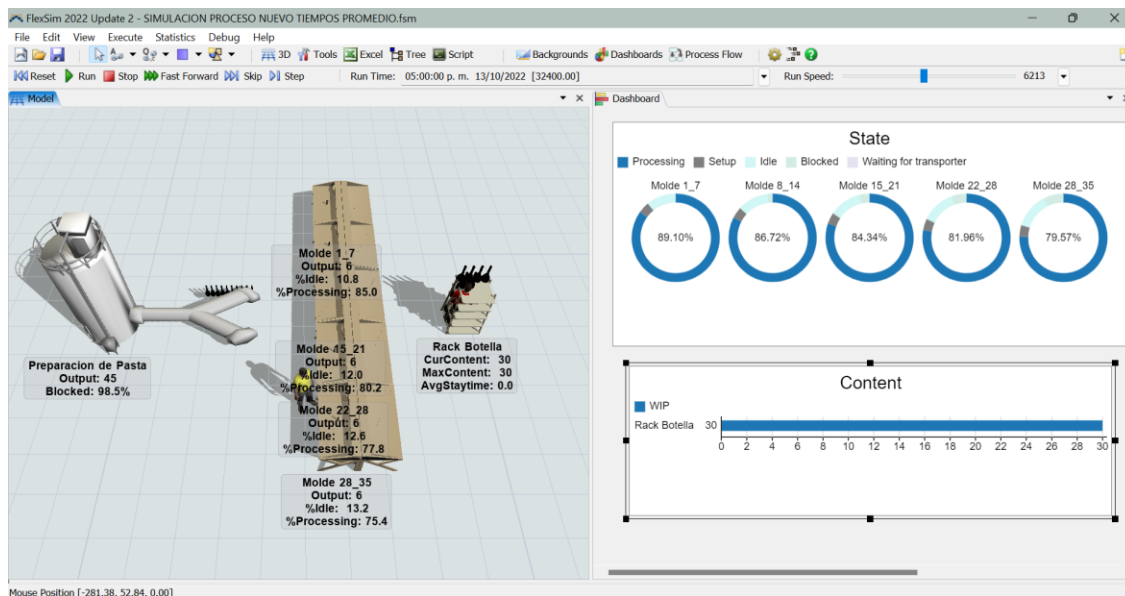


Figura 31 Pantalla de FlexSim, segunda simulación.

Resultados:

- Ciclos de vaciado en cada molde: **6.**
- Tiempo de utilización del molde: **Mín 79.57% - Max 89.10%.**
- Productividad: **30 Salidas** (Cada salida representa 7 piezas) **210 botellas.**

3er Simulación, Proceso actual, con tiempos óptimos logrados con el prototipo de secado (Figura 32).

Figura 32

Pantalla de FlexSim, tercera simulación.

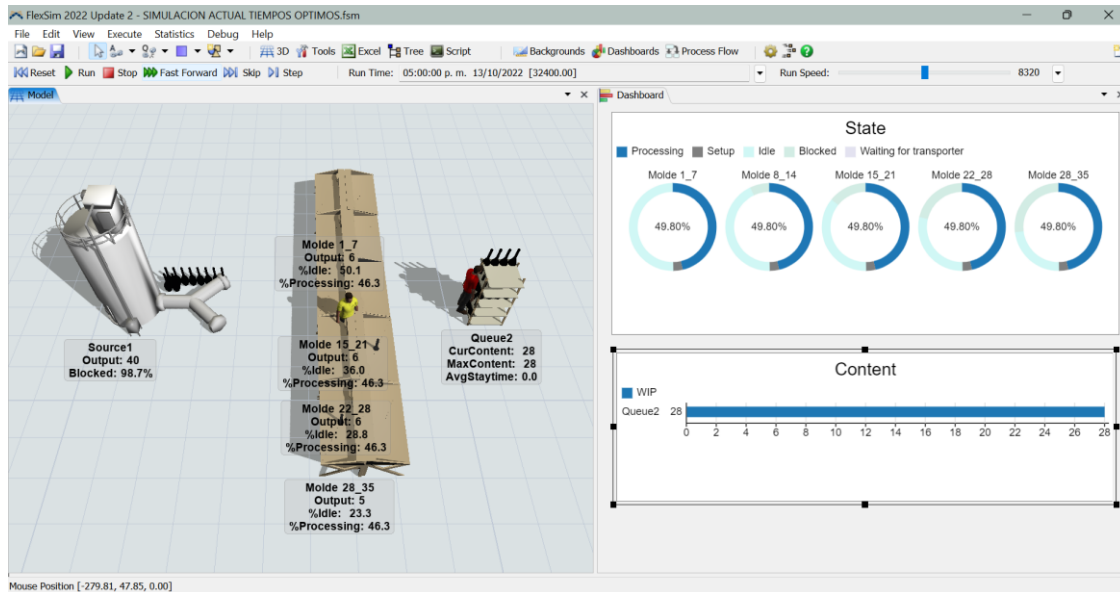


Figura 32 Pantalla de FlexSim, tercera simulación.

Resultados:

- Ciclos de vaciado en cada molde: **5.6**.
- Tiempo de utilización del molde: **49.8%**.
- Productividad: **28 Salidas** (Cada salida representa 7 piezas) **196 botellas**.

4ta Simulación, Proceso sugerido, con tiempos óptimos logrados con el prototipo de secado (figura 33).

Figura 33

Pantalla de FlexSim, cuarta simulación.

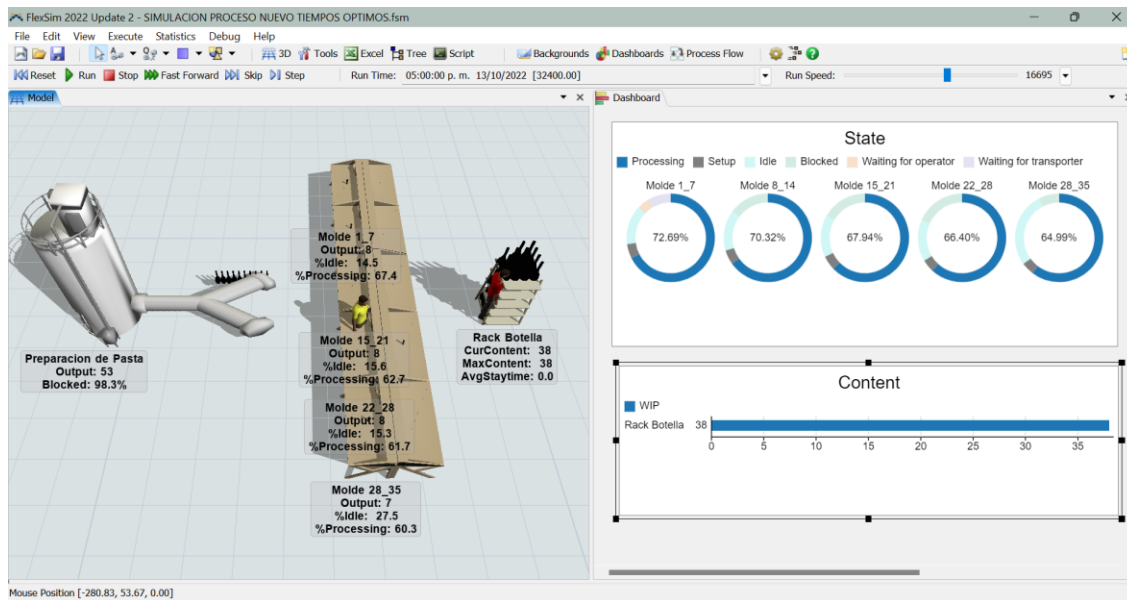


Figura 33 Pantalla de FlexSim, cuarta simulación.

Resultados:

- Ciclos de vaciado en cada molde: **7.6**.
- Tiempo de utilización del molde: Min **64.99%** - Max **72.69%**.
- Productividad: **38 Salidas** (Cada salida representa 7 piezas) **266 botellas**.

Los resultados se resumen y analizan en la siguiente sección.

4.3. Impacto de la estrategia en la solución del problema.

Realizar las mediciones de los tiempos y movimientos del proceso actual sirvió para:

- Identificar los espacios de oportunidad en cuanto a la utilización del molde tiempo efectivo y tiempo no provechoso que tienen los moldes. Se detectan los espacios de oportunidad ya que el molde en buena parte del proceso no estaba siendo productivo, y lo más importante, conocer exactamente en qué etapa del ciclo se tenían estos espacios.
- Recabar y establecer los tiempos de las actividades, para tener un punto de partida o referencia. En esta etapa se detectó la ventana de oportunidad en cuanto a la secuencia de actividades.

Después de las mediciones de tiempos y movimientos, se midió la pérdida de peso de los moldes. Estas mediciones sirvieron para:

- Peso (g) ganado por cada ciclo de vaciado en el molde, esto debido a la saturación que absorbe el molde por la propia operación.
- Peso (g) ganado por turno de trabajo.
- Tendencia de saturación en cada ciclo de vaciado.

Después, se hizo la prueba de estrés del molde, en donde además del peso, se monitoreaba como el peso se interrelaciona con los tiempos de fraguado y secado de la botella durante el ciclo, poniendo a prueba la capacidad máxima del molde. Se observó que:

- Un molde de recién uso puede soportar hasta 11 ciclos de vaciado.
- El tiempo de fraguado es independiente de la saturación del molde.
- El tiempo de secado aumenta a medida que aumenta la saturación del molde.
- Cada molde está siendo usado al 50% de su capacidad máxima.

Las mediciones anteriores marcaron la pauta para la elaboración de un prototipo de secado, ya que se había identificado que se tiene un margen de mejora de la capacidad máxima, pues en caso de mantener los moldes secos, podrían optimizarse los tiempos de fraguado y secado.

Se elaboro el prototipo de secado de diseño propio con buenos resultados ya que se comprueba la teoría que al mantenerlos secos se optimizan los tiempos de interés, además de poder eliminar la saturación de humedad y aumento de peso ganado en un turno. Lo comprobamos implementando el secador durante una semana en una mesa de vaciado en condiciones normales de operación.

Hasta este punto se tiene que:

- Existen ventanas de tiempos muertos o no productivos que se pueden optimizar haciendo mejoras en el proceso actual. Después de un análisis y monitoreo de

actividades se propone un cambio en la secuencia de las actividades para que el molde tenga mayor utilización.

- Se comprueba que el molde tiene más capacidad productiva de lo que se usa actualmente.
- Se logra la manera de mantener los moldes secos o con menos saturación que la actual con el prototipo de secado, y con ellos optimizar los tiempos de fraguado y secado en el ciclo de vaciado.

Identificados estos puntos, se procedió a hacer las simulaciones por medio del software FlexSim del proceso actual y sus variantes:

1. Simulación del proceso actual (Método y tiempos), para verificar la proximidad a la realidad.
2. Simulación del proceso actual (método) pero con los tiempos óptimos de acuerdo con los pesos logrados con el prototipo de secado.
3. Simulación con el proceso modificado sugerido, pero con los tiempos actuales.
4. Simulación del proceso con ambas mejoras, cambio de proceso o método, y con los tiempos logrados con el secado.

El resumen de resultados de las simulaciones se muestra en la siguiente tabla (tabla 8).

Tabla 8

Resultados de las simulaciones, productividad de la mesa y utilización efectiva del molde.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES			
	UTILIZACION DEL MOLDE	CICLOS POR MOLDE	PIEZAS VACIADAS POR TURNO
PROCESO ACTUAL, TIEMPOS PROMEDIO ACTUALES	60.1%	4	140
PROCESO MODIFICADO, TIEMPOS PROMEDIO ACTUALES	80.2%	5	175
PROCESO ACTUAL, TIEMPOS OPTIMOS LOGRADOS	46.4%	5.6	196
PROCESO MODIFICADO, TIEMPOS OPTIMOS LOGRADOS	63.4%	7.8	273

Tabla 8 Datos obtenidos de las simulaciones en el FlexSim, de cada una de las 4 simulaciones.

4.3.1. Alineación con la estrategia general de la organización.

Este trabajo se alinea perfectamente a las necesidades de la organización Clase Azul, ya que todo lo realizado, desde mediciones de tiempos y movimientos del proceso, mediciones de capacidad del molde, innovaciones en el proceso, innovaciones en el secado de los moldes en la mesa de vaciado, hasta las simulaciones, arrojan resultados que pueden ayudar a resolver la problemática de la productividad de botellas, que actualmente consiste en que la demanda rebasa la capacidad de fabricación.

La esencia artesanal no se pone en riesgo en ningún momento.

El crecimiento de ventas que se prevé a un futuro de tequila de este tipo de presentación representa una buena oportunidad de negocio para la compañía. La innovación y modificación que se plantea en el proceso representaría un aumento del 25% de productividad. Optar por llevar a cabo la implementación del prototipo de secado a un nivel estandarizado en todas las mesas de vaciado, representaría un aumento del 40%, y el llevar a cabo la implementación simultanea de ambas propuestas de innovación al mismo tiempo, (cambio de proceso, más secado de moldes) representaría hasta un 95% de aumento de productividad.

Es importante señalar que los datos de las simulaciones del proceso representan los incrementos máximos esperados en caso hacer la implementación al 100% en el total de las mesas de vaciado. Es decir, representan una situación ideal, que sin embargo es útil para identificar cuellos de botella y áreas de oportunidad que, de atajarse, pueden conducir al crecimiento de la producción real.

5. Discusión final

Después de hacer la evaluación el proceso actual de vaciado de la empresa Clase Azul se observó que es posible hacer mejoras sin necesidad de hacer alguna inversión mayor por el momento. Por ejemplo: cambiando la posición de los moldes en reposo, dejándolos reposar en zigzag tanto como las mesas lo permitan en lugar de dejarlos en fila como se dejan actualmente; o bien, con un cambio de la secuencia de actividades.

Estos cambios pequeños ya pueden representar un aumento en la productividad, pero es necesaria mucha capacitación y convencimiento a los operadores del área. Esta fue la principal barrera encontrada, pues al estar comprometida la producción, no se tenía mucha apertura a modificar el proceso actual.

Otra barrera encontrada tiene que ver con la percepción del personal al escuchar que se buscaba aumentar la productividad. Algunos operadores asocian esto con una mayor carga de trabajo y más fatiga, lo que provoca mucha resistencia al cambio. Para las implementaciones futuras, será necesario buscar argumentos convincentes de que esto representa algún tipo de beneficio para el operario, ya sea menor esfuerzo realizado, menor fatiga, productividad más fácil de lograr, menor cansancio, mayor tiempo de descanso, o mejores condiciones laborales en cuestión de clima. Si solo se les aborda con el argumento de aumentar la productividad, es posible que no tengan mucha apertura para lograr las implementaciones.

Durante el desarrollo del trabajo, conseguir la autorización de los líderes de la empresa no fue un problema, ya que todo lo que represente un aumento en los números de producción es bienvenido. Sin embargo, el eslabón más fuerte en esta etapa del proceso es la mano de obra, por lo que fue de mayor importancia el acercamiento con los operadores.

Los resultados de las simulaciones realizadas en este trabajo muestran que sí es posible aumentar la productividad del área de vaciado de la planta de botellas, al menos teóricamente. El aumento real en la producción habrá de comprobarse después de implementar los cambios.

El proceso actual tiene muchas áreas de oportunidad, siendo la principal el aprovechamiento incompleto de los moldes. Mediante la prueba de estrés se comprobó que se están utilizando en el límite inferior de su capacidad (5 ciclos al día) cuando en la prueba piloto se pudo vaciar hasta 11 veces. Cuando el molde ya estaba muy saturado se alcanzó un mínimo de 4 ciclos; por lo tanto, no se tiene la productividad que se podría tener.

También es complicado buscar la confiabilidad en un proceso donde el 80% depende del factor humano, porque surgen muchísimas variables además de las propias del proceso (humedad, clima, condiciones de pasta, condiciones de los moldes). La variabilidad entre operadores ocasiona que no todos ellos puedan garantizar las metas de producción que se tienen en la actualidad.

5.1. Consecuencias de la aplicación de la estrategia de innovación

Basado en las simulaciones, con la modificación del proceso del ciclo de vaciado se lograría un aumento del 25% en la productividad. Si el proceso sigue igual, pero se implementa el secador, se obtendría un aumento en la productividad del 40%, y si se implementan ambas innovaciones propuestas, se lograría un aumento del 95%. Recordemos que la simulación representa el máximo beneficio al que se aspira (tope superior).

Más allá de la simulación, se comprobó experimentalmente que se puede mejorar el beneficio de los moldes, ya que se utilizan al 50% de lo que pueden soportar, y esto descubre una cuantificación del margen que tenemos para mejorar, que facilitará el análisis para la inversión necesaria para la implementación de las innovaciones propuestas.

Tener un método de secado de moldes en la mesa evita que los moldes se deban bajar de la mesa a mitad de la vida útil como se hace actualmente; esto representa una ventana de tiempo no productivo del área, que con el secador sería innecesario.

5.1.1. Aspectos de mejora para intervenciones subsecuentes

Mejoras en el proceso.

Lo primero que se recomienda implementar y de manera inmediata, es el cambio en la secuencia de actividades y la posición en que se dejan reposando los moldes. En vez de emplear toda la mesa de vaciado se recomienda hacer las actividades en secciones de 7 moldes, ya que no representa ninguna inversión o algún cambio importante en lo que actualmente se utiliza, solo implica el cambio de actividades.

Mejoras técnicas.

Para el diseño del secador, con una prueba de concepto del prototipo de secado se comprobó que los moldes sí mejoran sus tiempos de ciclo (fraguado y secado), y también se encontró un límite del beneficio al que se puede aspirar. Para implementación futura se debe hacer un diseño más detallado del secador. Conociendo la cantidad de agua que se debe disipar en la saturación de los moldes, marca el punto de partida para un diseño óptimo de secador con

la capacidad requerida o necesaria. Se debe llegar a un diseño de secador que no interfiera con la operación del área y cuyo uso represente un beneficio y no un problema.

Con estas bases, se debe hacer un análisis de costo-beneficio de la inversión necesaria para la implementación del secador final en cada una de las mesas de vaciado.

Mejoras relativas al personal.

La capacitación y comunicación abierta con el personal es muy importante. Durante la etapa de mediciones identificamos una barrera que se presentó como resistencia al cambio. Anticipamos que en las implementaciones de cambios esta barrera será mayor por la resistencia natural al cambio, ya que las personas pueden interpretar que los nuevos modos de operación representan mayor fatiga física o mayor esfuerzo.

5.2. Relevancia y trascendencia disciplinaria del caso.

La manufactura de cerámica artesanal a gran volumen, y que además que sea funcional, es un reto importante. Cada pieza es única, y el producirlas a gran escala requiere de mucho desarrollo en distintas disciplinas: ingeniería mecánica para entender el comportamiento de la humedad en los moldes y llegar a un buen diseño del secador; ingeniería industrial para llegar a un proceso óptimo mediante estudios de tiempos y movimientos; desarrollo humano para comprender y saber convencer a los operadores que son los que llevan la mayor carga física.

Este trabajo trata de sumar por lo menos un par de ideas que puedan contribuir al objetivo de incrementar la productividad de botellas de cerámica artesanales, además de evitar la generación de residuos contaminantes para el ambiente, ya que las botellas después de su función de contener tequila sirven como piezas de decoración o colección.

En la actualidad existen tecnologías que pudieran aumentar la productividad de manera automatizada, pero se pierde la esencia de lo que la marca de tequila Clase Azul busca vender en sus productos. De aquí la importancia que se conserve la forma artesanal para mantener ese diferenciador para la marca.

Representó un gran reto encontrar un método que lograra aumentar el 25% la productividad sin necesidad de hacer cambios de materiales y sin necesidad de fuertes inversiones. Se requirió mucho trabajo de análisis y mediciones, comprensión de las actividades

que realiza el operador, entender los tiempos, comportamiento de los moldes, incluso temas culturales para el convencimiento del valor que tiene seguir haciendo botellas de forma artesanal y no automatizada, como lo hacen otros. Queremos mantener este diferenciador y este trabajo es una contribución para acercarnos a la meta.

Referencias bibliográficas

Referencias

- Aguilar, K. M. (2008). *Rediseño de un secador de moldes de yeso*. Cuernavaca Morelos, Mexico.
- Becerra Rios, M. B. (2011). *CONSEJO REGULADOR DEL TEQUILA, A.C. (CRT) Y DENOMINACIÓN DE ORIGEN TEQUILA (DOT)*. Lima Peru: N/A.
- Biblioteca UDLAP. (s.f.). Obtenido de COLECCIONES DIGITALES:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lhr/gomez_s_j/capitulo2.pdf
- Colaboradores de Wikipedia. (14 de Marzo de 2022). *es.wikipedia.org*. Obtenido de
<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cer%C3%A1mica&oldid=142271095>
- Consejo Regulado del Tequila. (mayo de 2022). Obtenido de
<https://www.crt.org.mx/EstadisticasCRTweb/>
- Consejo Regulado del Tequila. (mayo de 2022). Obtenido de
<https://www.crt.org.mx/EstadisticasCRTweb/>
- I.L. Samperio Gomez, C.A. Cortes Escobedo, A.M. Bolarin Miro, F. Sanchez de Jesus, L. Hernandez Cruz. (2011). *Estudio de la absorcion de agua en moldes, con diferente composicion de yeso y yeso-cemento*. Mexico D.F.
- Rios, M. B. (2018). *Consejo Regulador del tequila, y denominacion de origen tequila. Trazabilidad, verificacion y control*. Obtenido de wipo:
https://www.wipo.int/edocs/mdocs/geoind/es/wipo_geo_lim_11/wipo_geo_lim_11_16-annex1.pdf
- Robert B. Pickering, Ephraim Cuevas. (327 de 2003). Las ceramicas antiguas de la region mexicana de occidente. *Investigacion y ciencia*, págs. 70-70.
- Rodriguez, F. J. (2002). *Desarrollo de una barbotina ceramica para vaciado de alta presion mediante el uso de la determinacion de permeabilidad en el filtro baroid*.
- Sanchez, K. (12 de Febrero de 2017). *¿Cuándo nació el tequila y desde cuándo existe?* Obtenido de Casa Sauza : <https://www.casasauza.com/todo-sobre-tequila/cuando-nacio-tequila-desde-cuando-existe#:~:text=El%20tequila%20es%20una%20bebida,f%C3%A1bricas%20productoras%20de%20la%20bebida>.
- Susie Hodge, Elizabeth Wilhide. (2018). *Cerámica: un recorrido por la historia, las técnicas y los ceramistas más destacados*. Barcelona: Gustavo hili.
- Vidal, A. A. (2005). *Vaciado a presion de suspensiones de alúmina*. Mexico D.F.

Índice de materias

A

abstract · 4
alcance · Véase delimitación 17
Análisis causa-efecto · 13

C

categorías de información · Véase Metas de información 40
Conceptos o enfoques teóricos · Véase Estado de la cuestión 21
cronograma · 38

D

delimitación · 17

E

enfoques teóricos · Véase Marco conceptual o de referencia
estado de la cuestión · 21
estrategia metodológica · 61
estrategias metodológicas · Véase estrategia metodológica 61

H

hallazgos · 41
herramientas · Véase Herramientas, Véase Herramientas
Herramientas · 26
herramientas de recopilación de información · Véase Herramientas, Véase Herramientas 35

I

IDI I
Primera asignatura relacionada con investigación, innovación y desarrollo, permite desarrollar aspectos metodológicos relacionados con el trabajo · 9

IDI II

Segunda asignatura correspondiente a la investigación, desarrollo e innovación · 18,

IDI III

Tercera asignatura sobre investigación, desarrollo e innovación · 27

Imprevistos · 39

instrumentos de recopilación de información · 35,40 Véase Herramientas

M

marco conceptual · 27
Marco conceptual o de referencia · 24
Matriz de marco lógico · 15
Metas de información · 40
muestra · Véase Muestra o sujetos de investigación, Véase Muestra o sujetos de investigación
muestra o sujetos de investigación · Véase Muestra o sujetos de investigación
Muestra o sujetos de investigación · 36

O

objetivos · 16

P

Palabras clave · 6

proceso de aplicación o intervención · 27,41,71

proceso de aplicación/intervención · Véase

proceso de aplicación o intervención

T

TOG

Trabajo de Obtención de Grado · 1,9

tutor

Responsable del proceso de acompañamiento directo con el estudiante · 9, 18, 27, 41, 70

tutores · Véase tutor

Índice de Tablas.

Tabla 1 Medición de estudio de tiempos en 10 mesas aleatorias, datos medidos en la operación normal de la planta de botellas.....	43
Tabla 2 Medición de la utilización del molde, datos recabados en el ciclo normal de operación de la planta de botellas.	44
Tabla 3 Prueba de Estrés del molde, mediciones recabadas en planta de fabricación de botella, con un molde nuevo.....	47
Tabla 4, Datos obtenidos con las mediciones durante 10 horas de secado con el prototipo en la mesa.	64
Tabla 5 Secado de moldes sin tapa, datos recabados para verificar la forma mas optima de secar los moldes.	66
Tabla 6 Mediciones de pérdida de peso con el prototipo de secado (10hr), con los moldes sin tapa acomodados en zigzag.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7 Peso perdido promedio en los moldes, en cada una de las diferentes posiciones durante el secado, normal, sin tapa, sin tapa y en zigzag.	68
Tabla 8 Datos obtenidos de las simulaciones en el FlexSim, de cada una de las 4 simulaciones..	77

Índice de diagramas

Diagrama 1 Árbol de problemas	13
Diagrama 2 Árbol de metas.....	15
Diagrama 3 Diagrama de Flujo elaboración de una botella de reposado 750ml.	18
Diagrama 4 Diagrama de flujo de vaciado.	19
Diagrama 5 Diagrama de flujo de la elaboración del tequila.....	23
Diagrama 6 Cronograma del desarrollo, elaboración propia.....	39
Diagrama 7 Secuencia de actividades del ciclo de vaciado actual.....	52
Diagrama 8 Secuencia modificada de actividades en los ciclos de vaciado.	53
Diagrama 9 Hombre-máquina del comportamiento de las secciones propuestas en el método actual de vaciado. Elaboración propia.	54
Diagrama 10 Hombre-máquina del comportamiento de las secciones propuestas con el método modificado. Elaboración propia.	55

Índice de gráficas

Gráfica 1 Exportaciones por forma (2019-2020), datos obtenidos de la página web del CRT (2022)	11
Gráfica 2 Exportaciones por forma, primer semestre año 2020,2021,2022, datos obtenidos de la página web del CRT (2022).....	12
Gráfica 3 Comportamiento del peso del molde en mesa 1. Datos obtenidos en mediciones en la operación normal de la planta de botellas.	45
Gráfica 4 Comportamiento del peso del molde en mesa 1. Datos obtenidos en mediciones en la operación normal de la planta de botellas.	46

Gráfica 5 Comportamiento del molde 1, datos recadados durante la prueba de estrés del molde, en la planta de fabricación de botellas.	48
Gráfica 6 Comportamiento del molde 2, datos recadados durante la prueba de estrés del molde, en la planta de fabricación de botellas.	49
Gráfica 7 Comportamiento del molde 3, datos recadados durante la prueba de estrés del molde, en la planta de fabricación de botellas.	50
Gráfica 8 Comportamiento promedio de los moldes, con el prototipo de secado en la operación normal.	69

índice de figuras

Figura 1 Molde de yeso, propiedad de tequila Clase Azul	24
Figura 2 Diagrama de complejidad	28
Figura 3 Paso 1 del ciclo de vaciado, elaboración propia.	29
Figura 4 Paso 2 del ciclo de vaciado, elaboración propia.	29
Figura 5 Paso 3 del ciclo de vaciado, elaboración propia.	30
Figura 6 Paso 4 del ciclo de vaciado, elaboración propia.	31
Figura 7 Paso 5 del ciclo de vaciado. elaboración propia.	32
Figura 8 Paso 6 del ciclo de vaciado, elaboración propia.	32
Figura 9 Paso 7 del ciclo de vaciado, elaboración propia.	33
Figura 10 Paso 8 del ciclo de vaciado, elaboración propia.	33
Figura 11 Secado Natural de Moldes, actual mediante reposo después del turno al ambiente. .	56
Figura 12 Diseño de ducto de secador de moldes en mesa.....	57
Figura 13 Diseño de secador montado en mesa.....	57
Figura 14 Secado por medio de aire tibio con el secador.	58
Figura 15 Cabina de calentamiento de aire. Diseño propio.....	59
Figura 16 Turbina Centrífuga.....	60
Figura 17 Ejemplo de ducto textil.	60
Figura 18 Ilustración de ducto propuesto.	61
Figura 19 Construcción de la cabina de calentamiento. Fabricación propia dentro de las instalaciones de la planta de botellas.	61
Figura 20 Construcción del ducto flexible.	62
Figura 21 Montaje en mesa del prototipo de secado.	63
Figura 22 Montaje del secador en la mesa de vaciado.	63
Figura 23 Secado de moldes, para monitorear el secado de los moldes durante 10 horas.	64
Figura 24 Secado de moldes con el secador, moldes sin tapa inferior.	65
Figura 25 Molde sin tapa inferior, para monitorear el secado de los moldes durante 10 horas. .	65
Figura 26 Molde sin tapa inferior, para monitorear el secado de los moldes durante 10 horas acomodados en zigzag..	66
Figura 27 Formación normal y formación zigzag de los moldes.	67
Figura 28 Vista FlexSim antes de la simulación.....	71
Figura 29 Pantalla de FlexSim con la simulación terminada	72
Figura 30 Pantalla de FlexSim, primera simulación.	72
Figura 31 Pantalla de FlexSim, segunda simulación.....	73

Figura 32 Pantalla de FlexSim, tercera simulación.....	74
Figura 33 Pantalla de FlexSim, cuarta simulación.	75

Índice de siglas

TOG	Trabajo de obtención de grado
IDI	Investigación desarrollo e innovación
ITESO	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente
CRT	Consejo regulador del tequila
PT	Producto terminado
HR	Humedad Relativa