

DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS A PARTIR DEL MAÍZ (*Zea mays*)

DESIGN OF A PROCESSING PLANT FOR CORN-BASED PRODUCTS (*Zea mays*)

Ander Steev Barahona Sambrano¹, Cristian Germán Santiana Espín², Maritza Lucía Vaca Cárdenas³, David Esteban Puyol Guevara⁴

{ander.28.08.02@gmail.com¹, cristian.santiana@esPOCH.edu.ec², maritza.vaca@esPOCH.edu.ec³, david.puyol@esPOCH.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 16/06/2026 / Fecha de aceptación: 29/06/2026 / Fecha de publicación: 08/07/2026

RESUMEN: La falta de instalaciones de procesamiento en la zona obliga a los agricultores a vender el maíz en grano, sin ningún valor agregado. Esto reduce sus ingresos y frena el desarrollo agroindustrial del país. Para identificar las necesidades del mercado, se aplicó una encuesta a 150 consumidores. Los 5 productos más consumidos son el mote enfundado, la masa de humita, harina de maíz, bocadillos de maíz tostado y maíz enlatado. La metodología empleada incluyó el desarrollo de diversos diagramas de ingeniería y gestión (como diagrama de bloques, PFD, P&ID, DOP y diagrama de flujo), balances de masa, la identificación de equipos e instrumentos necesarios, el dimensionamiento de la planta mediante los métodos Guerchet y SLP, la simulación del proceso con el software FlexSim y un completo análisis económico-financiero. Uno de los hallazgos clave es que la planta cubrirá un área total de 1.000 m², con 613 m² dedicados a la producción. Esta área se extiende en 11 estaciones de trabajo, dispuestas de manera óptima utilizando el método SLP. Además, la simulación FlexSim mostró que el equipo crítico fue utilizado a un alto nivel. En cuanto a las finanzas, se espera que el primer año de funcionamiento genere ingresos anuales de 1.388.733 dólares. El análisis arrojó un Valor Actual Neto (VAN) positivo de 113.704 dólares, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 16 % y una relación beneficio-coste de 1,30.

Palabras clave: Maíz, plantas procesadoras, agroindustria, diagramas de procesos, distribución de planta, simulación flexsim

ABSTRACT: The lack of processing facilities in the area forces farmers to sell corn in grain form, without any added value. This reduces their income and hinders the country's agro-

¹Investigador Independiente, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba-Ecuador, <https://orcid.org/0009-0002-2224-0729>; +593982049825

²Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba-Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-2143-6562>; +593984688056

³Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba-Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-4474-4354>; +593995762750

⁴Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba-Ecuador, <https://orcid.org/0009-0001-9467-9637>; +593996321827

industrial development. To identify market needs, a survey was conducted among 150 consumers. The five most consumed products are corn on the cob, humita dough, corn flour, roasted corn snacks, and canned corn. The methodology employed included the development of various engineering and management diagrams (such as block diagrams, PFDs, P&IDs, DOPs, and flow diagrams), mass balances, the identification of necessary equipment and instruments, plant sizing using the Guerchet and SLP methods, process simulation with FlexSim software, and a comprehensive economic and financial analysis. One of the key findings is that the plant will cover a total area of 1,000 m², with 613 m² dedicated to production. This area is divided into 11 workstations, optimally arranged using the SLP method. Additionally, the FlexSim simulation showed that critical equipment was utilized at a high level. From a financial perspective, the first year of operation is expected to generate annual revenue of \$1,388,733. The analysis yielded a positive Net Present Value (NPV) of \$113,704, an Internal Rate of Return (IRR) of 16%, and a benefit-cost ratio of 1.30.

Keywords: *Corn, processing plants, agribusiness, process flowcharts, plant layout, FlexSim simulation*

INTRODUCCIÓN

El diseño del estudio respondió a las necesidades socioeconómicas y académicas del país, con especial atención al procesamiento del maíz y al análisis completo de sus productos derivados. Este enfoque permitió identificar oportunidades para agregar valor a la producción local y contribuir al fortalecimiento de la economía de la zona. La industria de alimentos procesados juega un papel clave en el desarrollo económico y ha mostrado un importante crecimiento tanto a nivel local como mundial. Este avance se debe a la aplicación de técnicas de producción innovadoras y a la posibilidad de crear una gran variedad de productos a partir de fuentes animales y vegetales, entre ellos diversos cereales (6). La presente investigación siguió un enfoque descriptivo, orientado a analizar en detalle los tiempos, los flujos de trabajo y los recursos necesarios para el funcionamiento de una planta procesadora de maíz. Además, se evaluó la oferta y la demanda de productos derivados del maíz, la distribución espacial, el diseño de la planta, los planes de ingeniería y la gestión financiera, todo adaptado a las condiciones particulares del país.

A pesar de las buenas perspectivas del sector, Ecuador enfrenta importantes desafíos en el mercado laboral debido a las presiones sociales y económicas. El sector agrícola es uno de los más afectados, pues los agricultores cuentan con una infraestructura insuficiente y tienen acceso limitado a información sobre métodos de producción eficientes. Como consecuencia, la competencia es muy fuerte y las oportunidades de empleo en este ámbito siguen siendo reducidas (4). En Riobamba, la agricultura representa la principal fuente de ingresos para el 68,6 % de la población económicamente activa. Del total, se destinan alrededor de 901 hectáreas al cultivo de maíz, lo que equivale al 53,6 %. Este cultivo se cosecha dos veces al año: entre febrero y abril se obtiene el choclo, y entre junio y agosto se recolecta el maíz seco (8).

Para mejorar la eficiencia agrícola se requiere una serie de acciones coordinadas. Las autoridades desempeñan un papel fundamental al promover la adopción de nuevas tecnologías, apoyar a las instituciones universitarias y de investigación enfocadas en la innovación agropecuaria, y ofrecer oportunidades de formación práctica a los trabajadores del sector rural (15). El maíz (*Zea mays*) constituye un cultivo de gran importancia para la economía de la región y es la fuente principal de sustento para las familias agricultoras del país. No obstante, la mayor parte de la cosecha se comercializa sin haber sido procesada, lo que limita las posibilidades económicas de los productores. Estos dependen de intermediarios que fijan precios bajos, mermando así sus beneficios. La situación se complica por la carencia de tecnología y de instalaciones modernas para el procesamiento. Sin la maquinaria y la infraestructura necesarias, se dificulta la elaboración de productos con mayor valor añadido, tales como botanas, harinas, bioproductos y otros alimentos transformados. Adicionalmente, el maíz cultivado localmente tiene problemas para competir con las importaciones y con el maíz procesado procedente de otros países, lo cual restringe su acceso a los mercados a nivel nacional y regional (3).

Esta realidad afecta tanto la economía de las familias como la de toda la comunidad. La dependencia de métodos de producción tradicionales genera bajos ingresos, pocas oportunidades de empleo formal, escasa innovación tecnológica y dificultades para cumplir con las exigencias de los mercados competitivos (2). La ausencia de una estrategia integral para la industrialización agrícola que incluya tanto el desarrollo de procesos productivos como la comercialización de productos elaborados frena el avance sostenible del sector. Para superar estos desafíos, es fundamental crear una planta de procesamiento de maíz. Esta iniciativa permitiría capacitar a los habitantes y agricultores de la zona, y promovería el uso de tecnologías modernas en la agroindustria. De esta manera, la construcción y operación de la planta, junto con el desarrollo de procesos productivos adecuados.

La industria del maíz ocupa un lugar importante en el sector agroindustrial de Ecuador, ya que representa cerca del 0,3 % del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola del país. Esta actividad se concentra principalmente en el cultivo de maíz amarillo duro, que se utiliza sobre todo para la alimentación animal y se transforma en diversos productos industriales. La mayoría de este cultivo lo realizan pequeños agricultores, con un tamaño promedio de explotación de 4,57 hectáreas (7). No obstante, solo el 44 % de estas tierras cuenta con títulos de propiedad oficiales, y el 37 % de los agricultores depende de préstamos informales o anticipos de empresas, debido a las limitaciones para acceder a crédito formal. Aproximadamente 386 empresas se encargan de procesar el 87 % de la cosecha. De este volumen, entre el 70 % y el 90 % se destina a la producción de piensos equilibrados para animales, mientras que el resto se utiliza para elaborar almidones, glucosa, aceites y, cada vez más, alimentos veganos innovadores como hamburguesas y aperitivos orientados a la exportación, principalmente hacia Colombia y Guatemala (1).

Esta investigación tiene por objeto establecer una planta de procesamiento de maíz diseñada para satisfacer las demandas del mercado local y regional, cumpliendo al mismo tiempo con estrictas normas económicas y técnicas. El estudio incluye un análisis de mercado, la ingeniería del proceso de producción, la planificación del diseño de la planta y la evaluación de la viabilidad financiera.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la tabla 1 según la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU) del primer trimestre de 2024, en el cantón Riobamba existen 100.000 personas económicamente activas (PEA), lo que equivale a aproximadamente el 53 % de la población total. Dado que no todas estas personas son grandes consumidores de productos de maíz, el análisis se enfoca en aquellos que se dedican a actividades agrícolas, comerciales y de servicios dentro de los niveles socioeconómicos B, C y D. Este grupo representa el 86 % de la PEA de los hogares urbanos en una estructura mixta, es decir, alrededor de 86.000 personas (11).

Tabla 1. Segmentación de mercado

Estrato	%PEA Riobamba	PEA
A	14%	14 000
B+C+D	86%	86 000

Nota: * PEA: Población económicamente activa.

Realizado por: Ander Barahona

Para determinar el tamaño de la muestra se empleó la ecuación 1 para población finita con corrección. Dándonos un tamaño muestral de 150 personas redondeando.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{E^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

Se aplicó una encuesta estructurada, diseñada por el investigador, a una muestra representativa de 150 personas pertenecientes a este grupo objetivo. Los resultados de esta encuesta permitieron identificar las preferencias de los consumidores y priorizar cinco productos principales: masa fresca, maíz en conserva, harina, snacks de maíz y mote precocido. Además, se definieron los porcentajes de distribución de la capacidad de producción diaria (16). Para pronosticar la oferta y la demanda de maíz entre 2025 y 2030, se empleó un método claro y ordenado basado en datos de estudios anteriores. Este enfoque utiliza la técnica de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para realizar regresiones lineales. De esta forma, se analizan las tendencias a lo largo del tiempo, partiendo del supuesto de que existe una relación lineal entre cada año (variable independiente) y la cantidad de maíz producida o requerida (variable dependiente). Las proyecciones de oferta y demanda se calcularon por separado, utilizando datos secundarios confiables de fuentes publicadas (18).

Las preferencias de los consumidores se establecieron a partir de los datos recopilados en la encuesta. La producción actual de maíz alcanza un promedio de 4,8 toneladas por hectárea de grano y 1,5 toneladas por hectárea de maíz, lo que suma un total de 5.300 toneladas anuales. De esta cantidad, el 75 % (3.975 toneladas) se vende como maíz crudo. La capacidad de procesamiento anual de la planta se estableció en el 10 % del maíz crudo que actualmente se

comercializa, es decir, 400 toneladas al año, equivalentes a 33.332 kg por mes (10). Esta capacidad se destinará a la elaboración de cuatro productos prioritarios según el estudio de mercado: masa fresca nixtamalizada para humitas, choclo en conserva, harina de maíz fina y bocadillos de maíz tostado. Durante el procesamiento, el maíz pierde aproximadamente un 8 % de peso al retirar la hoja y un 15 % al quitar la tusa. En el caso del choclo, la pérdida es del 13 % por la hoja y del 15 % por la tusa (1).

Se elaboró un diagrama de bloques que presenta de manera clara y sencilla la distribución general de todas las áreas funcionales de la planta. Este diagrama facilita la visualización del flujo principal de materiales. Además, se desarrolló el diagrama de flujo del proceso (PFD) tanto en su versión general para toda la planta como en versiones detalladas para cada uno de los cinco productos. Estos incluyen todas las etapas del proceso y los servicios auxiliares, utilizando símbolos ASME. De igual forma, se prepararon los diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID) para cada producto, aplicando los símbolos ISA-5.1-2022 e identificando válvulas, bombas, instrumentos de medición, control y los bucles de seguridad más importantes (14). También se crearon diagramas DOP resumidos para cada producto, organizados de forma secuencial, con el fin de ofrecer una visión rápida y cuantitativa del flujo operativo principal. Por último, se diseñó un diagrama de flujo de gestión (administrativo-operativo) que integra todo el proceso, desde la recepción de la materia prima hasta el despacho del producto terminado (9).

El plano de planta se diseñó mediante el método de Planificación Sistemática del Diseño (SLP) propuesto por Richard Muther. Este enfoque permite organizar las áreas de forma óptima a través de un proceso estructurado, lógico y cuantificable (5). Para validar el diseño completo antes de la construcción y verificar que la distribución propuesta puede alcanzar la capacidad objetivo de 400 toneladas al año, se realizó una simulación dinámica de toda la planta utilizando el software FlexSim 2022. Se importó el layout al módulo correspondiente y se construyó un modelo tridimensional a escala 1:1, incorporando todas las áreas, pasillos, puertas, vestuarios y equipos principales en sus posiciones reales exactas (19).

A partir del flujo de caja libre proyectado (ingresos totales menos costos e impuestos), se calcularon los principales indicadores de rentabilidad del proyecto. Se utilizó un costo promedio ponderado de capital (WACC) del 12 %, valor típico para proyectos agroindustriales comunitarios en Chimborazo (17). Los indicadores evaluados fueron el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio-Costo (R/BC). El proyecto se considera viable si el VAN es mayor a cero, la TIR supera el 12 % (idealmente 18 % o más) y la R/BC es superior a 1 (20).

RESULTADOS

De 2025 a 2030, se espera que el suministro de maíz aumente constantemente, pasando de 1.532,000 toneladas métricas en 2025 a 1.552,000 toneladas métricas en 2030, lo que representa un aumento anual de aproximadamente 4.000 toneladas métricas. Este crecimiento constante muestra una expansión de la producción saludable que no sólo satisfará el menguante mercado interno, sino que lo superará, creando superávits crecientes a partir de 2025. Por el lado de la demanda, las proyecciones indican una disminución constante y progresiva, al pasar de 1.486.000

toneladas métricas en 2025 a 1.366.000 toneladas métricas en 2030, lo que representa una reducción anual de 24.000 toneladas métricas. Esta tendencia a la baja podría deberse a cambios en los hábitos de consumo, mejoras en la eficiencia o variaciones en las condiciones del mercado. Como consecuencia, será cada vez más sencillo que la oferta supere la demanda, garantizando que todas las necesidades queden satisfechas en el futuro.

En la figura 1 se evidencia que el excedente de maíz resultante crece rápidamente durante este periodo, pasando de 46.000 toneladas métricas en 2025 a 186.000 toneladas métricas en 2030. Desde el punto de vista productivo y empresarial, este excedente en aumento demuestra la fuerte viabilidad del proyecto. No solo asegura que la demanda interna se cubra completamente desde el primer año, sino que también genera una cantidad cada vez mayor de maíz disponible para exportación, nuevos agronegocios o reservas estratégicas. De esta forma, se fortalece de manera importante la posición del proyecto en el mercado a mediano y largo plazo.

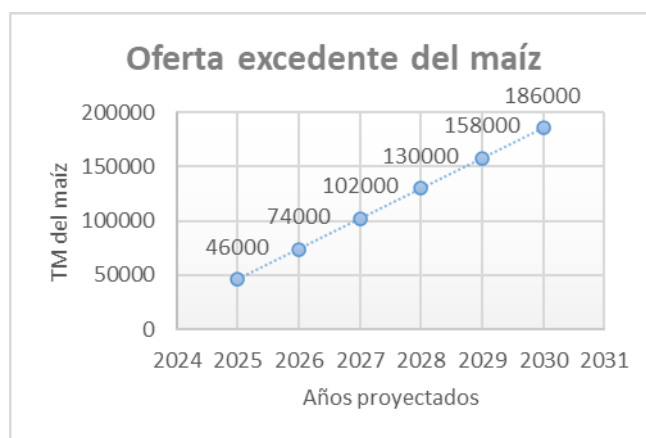


Figura 1. Oferta excedente del maíz

Realizado por: Ander Barahona

Nota: * TM: Tonelada métrica.

Como se muestra en el diagrama de bloques de la Figura 1, la planta recibe 33.332 kg de materia prima cada mes. Esta cantidad consiste en 38% de maíz tierno (12.666 kg) y 62% de maíz común (20.666 kg). Estos insumos se utilizan para hacer humitas, maíz enlatado, mote, harina y aperitivos asados. Una vez recibida la materia prima, se selecciona y clasifica, eliminando alrededor del 1,5% del maíz común dañado y el 0,5% del maíz tierno dañado. El resultado es desembreado, lo que resulta en una pérdida del 13% para el maíz común y una pérdida del 8% para el maíz tierno.

DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS A PARTIR DEL MAÍZ (*Zea mays*)

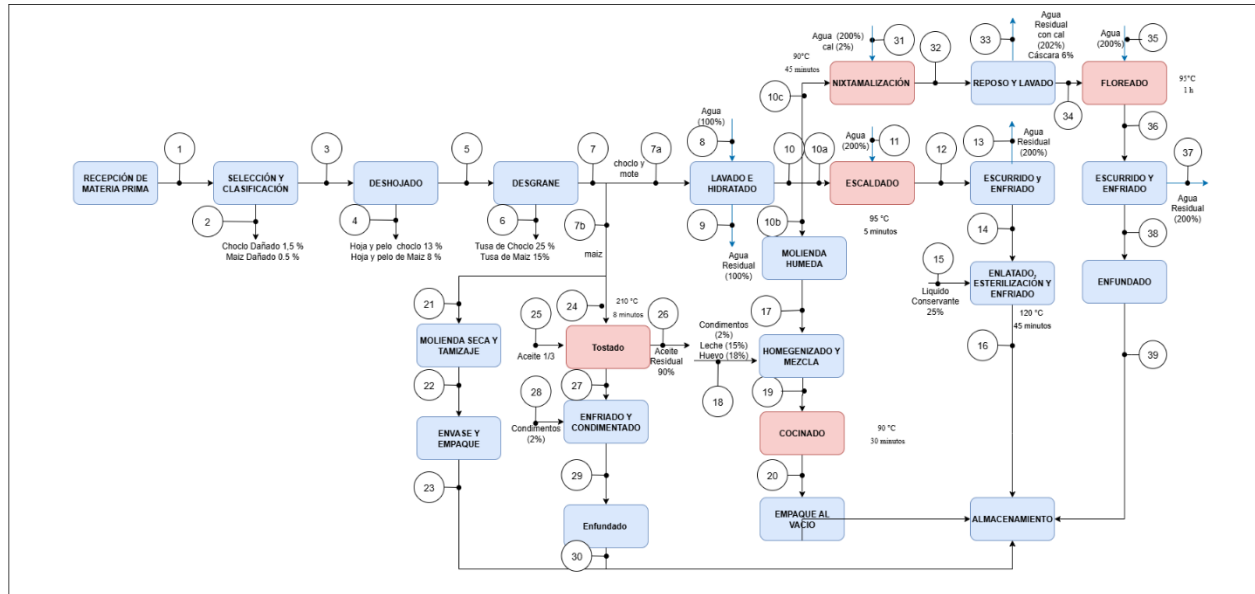


Figura 2. Diagrama de bloques para los procesos de Snacks, conserva, masa para humitas, harina y mote.

Realizado por: Ander Barahona

Los granos limpios se lavan con agua potable. Una parte de ellos pasa por el proceso de nixtamalización, que consiste en cocer el maíz con un 2 % de cal durante 45 minutos a 90 °C. Después de reposar, se lava nuevamente, lo que genera aguas residuales con alto contenido de cáscara y cal. Para el mote, los granos se cocinan al vapor a 95 °C durante 60 minutos, se escurren, enfrían y empaican, con lo que se obtienen 15.049 paquetes de 500 g cada mes. La masa para humitas se prepara moliendo los granos en húmedo, mezclándolos con 15 % de leche, 18 % de huevo y 2 % de condimentos. Luego se cocina parcialmente la mezcla a 90 °C durante 30 minutos, se enfría y se envasa al vacío, produciendo 16.079 paquetes de 500 g al mes.

El maíz enlatado se hace con maíz tierno lavado y desgranado. Se llena en latas con un líquido conservante a base de sal, azúcar y ácido cítrico, se pasteuriza, se esteriliza a 120 grados C durante cuarenta y cinco minutos y se enfría, resultando en cinco mil ochocientos treinta y dos latas de quinientos gramos mensuales. La harina se obtiene mediante molinda seca con recirculación y tamizado, y se envasa en fundas de polietileno de un kilo, generando cinco mil siete paquetes al mes. Los aperitivos tostados se preparan a partir de mote procesado que se tuesta a doscientos diez grados C durante ocho minutos con aceite (equivalente a un tercio del peso del maíz). Se elimina el noventa por ciento de residuos, se sazona con un dos por ciento y se enfría antes de envasarse en fundas bilaminadas, obteniéndose treinta y cinco mil novecientos cincuenta paquetes de noventa gramos por mes.

La figura 3 muestra la identificación que tendrá cada maquinaria mediante una codificación y la localización del área donde se encuentra. Además, indica la capacidad de producción teórica, real y la recomendada para comprar en el mercado. Se considera una jornada de 8 horas diarias por 5 días a la semana, con excepción de la estación de mote, que solo operará 1 día a la semana debido a los procesos de hidratado y reposo del maíz, los cuales abarcan dos días laborales. Estos

equipos específicos son la olla de cocción a alta presión (H-301), la banda (BC-302), la válvula (VM-301), la banda de producto terminado (BC-701) y los equipos de las áreas 4, 5 y 6.

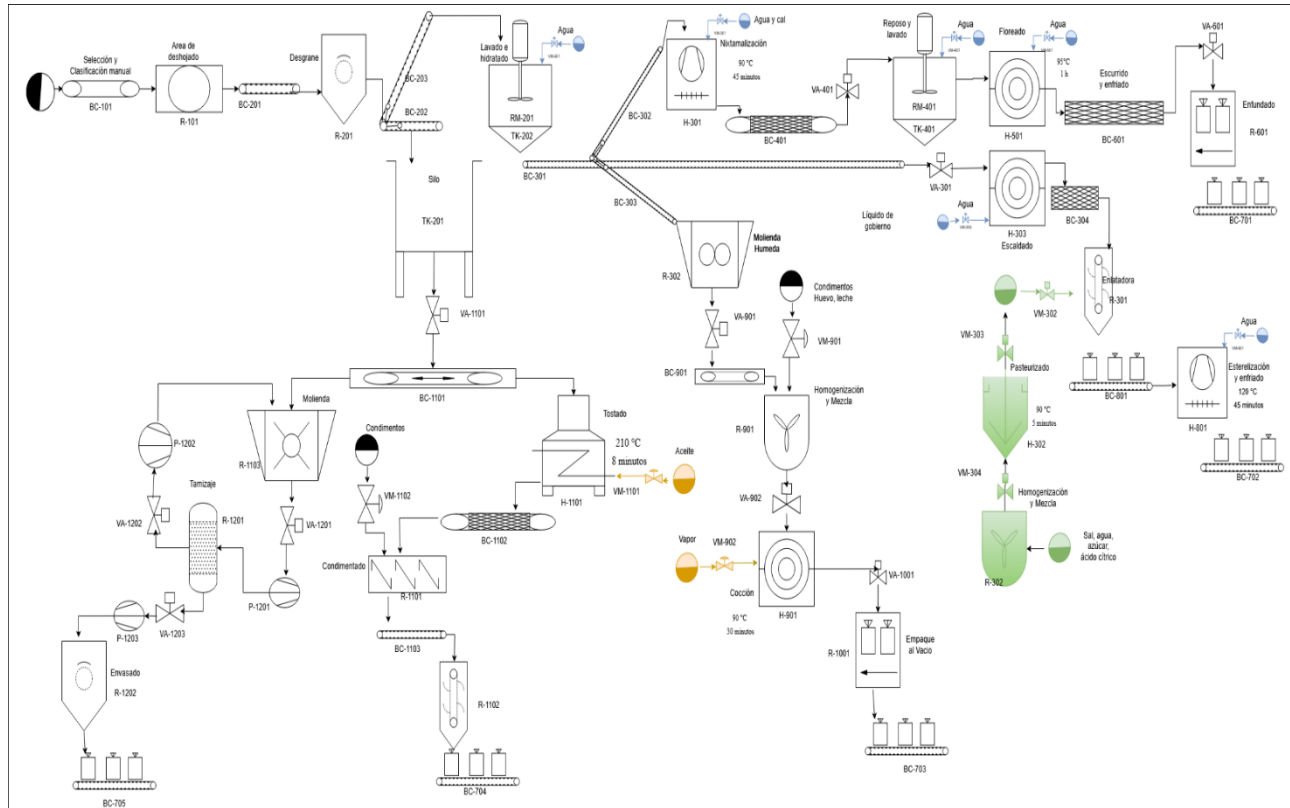


Figura 3. Diagrama PFD para los procesos de Snacks, conserva, masa para humitas, harina y mote.

Realizado por: Ander Barahona

Para determinar la verdadera capacidad de los dispositivos, se implementó un incremento del 10% por la disminución de eficiencia relacionada con la altitud, además de un 15% por el factor de sobredimensionamiento. Esta decisión se adoptó con el propósito de evitar la sobrecarga de la maquinaria y asegurar que no opere al máximo de su capacidad. Según este enfoque, se calcula que se necesitará una extensa variedad de elementos, totalizando 68 equipos fundamentales para asegurar un nivel de producción eficaz.

Por otro lado, en la figura 4 se especifican todos los instrumentos requeridos. Allí se detallan sus respectivas codificaciones, las áreas de trabajo correspondientes, sus límites operativos superiores e inferiores, y las variables ambientales necesarias para su funcionamiento. En total, se integraron 52 instrumentos de control y medición. Entre ellos destacan los controladores e indicadores de velocidad (SIC-XXX) destinados a las bandas y equipos rotativos, así como los controladores e indicadores de temperatura (TIC-XXX). De igual manera, se sumaron controladores e indicadores de flujo para la gestión de fluidos (FCI-XXX), junto con los controladores y alarmas de nivel diseñados para los tanques (LAH-XXX) ;(LC-XXX). Finalmente, también se añadieron indicadores de presión especiales para las bombas (PI-XXX).

Realizado por: Ander Barahona

```

graph TD
    INICIO([INICIO]) --> Recepcion[Recepción de M.P.]
    Recepcion --> Decision1{M.P. está en buen estado?  
Maíz 14% H  
Choclo 70% H}
    Decision1 -- No --> Rechazo[Rechazo o devolución]
    Decision1 -- Sí --> Seleccion[Selección y clasificación]
    Seleccion --> Deshojado[Deshojado]
    Deshojado --> Desgrane[Desgrane]
    Seleccion -.-> CDaño[Choclo Dañado  
Maíz Dañado]
    Deshojado -.-> HP[Hoja y pelo  
Hoja y pelo de Maíz]
    Desgrane -.-> Tusa[Tusa de choclo  
Tusa de maíz]
    Decision1 -.-> D1{¿Va a utilizar choclo o maíz para mote?}
    D1 -- No --> D2{¿Va a realizar harina?}
    D1 -- Sí --> Lavado[Lavado e hidratado]
    Lavado --> Agua[Agua]
    Lavado -.-> AR[Agua residual]
    Lavado --> D3{¿Va a realizar masa?}
    D3 -- No --> D4{¿Va a realizar conserva?}
    D3 -- Sí --> MoliendaHumeda[Molienda húmeda]
    MoliendaHumeda --> Homogenizado[Homogenizado y Mezcla]
    Condimentos --> Homogenizado
    Leche --> Homogenizado
    Huevo --> Homogenizado
    Homogenizado --> Cocinado[Cocinado]
    Cocinado --> EmpacadoVacio[Empacado al vacío (500g)]
    D4 -- No --> Nixtamalizacion[Nixtamalización]
    D4 -- Sí --> Escaldado[Escaldado]
    Escaldado --> EscurridoEnfriado[Escurrido y Enfriado]
    EscurridoEnfriado --> EnlatadoSterilizacion[Enlatado, esterilización y enfriado]
    EnlatadoSterilizacion --> Enlatado500g[Enlatado (500g)]
    Nixtamalizacion --> Reposo[Reposo y lavado]
    Reposo --> Floreado[Floreado]
    Floreado --> EscurridoEnfriado2[Escurrido y enfriado]
    EscurridoEnfriado2 --> Entundido500g[Entundido (500g)]
    D2 -- No --> Tostado[Tostado]
    Aceite --> Tostado
    Tostado --> EnfriadoCondimentado[Enfriado y Condimentado]
    Condimentos --> EnfriadoCondimentado
    EnfriadoCondimentado --> EnvasadoEmpaquetado[Envasado y empaquetado (90g)]
    D2 -- Sí --> MoliendaSeca[Molienda seca y Tamizado]
    MoliendaSeca --> EnvaseEmpaque[Envase y Empaque (1 kg)]
    EmpacadoVacio --> Almacenamiento[Almacenamiento]
    Enlatado500g --> Almacenamiento
    Entundido500g --> Almacenamiento
    EnvasadoEmpaquetado --> Almacenamiento
    EnvaseEmpaque --> Almacenamiento
    Almacenamiento --> Fin([Fin])
  
```

475

Realizado por: Ander Barahona

En la figura 6 se muestra el diagrama DOP, el cual detalla la organización de los horarios y el personal requerido para el área de fabricación. El modelo operativo de la planta se basará en una producción por lotes, recibiendo el maíz seco y el choclo una sola vez al mes. Para asegurar que las cuatro líneas de negocio humitas, maíz enlatado, aperitivos tostados y harina operen de manera continua y sin pausas, este suministro de materia prima se mantendrá almacenado. Así, las actividades podrán desarrollarse sin inconvenientes de lunes a viernes durante jornadas de 8 horas.

Por otra parte, la línea de mote se maneja bajo un cronograma semanal distinto, ya que su etapa de hidratación arranca inmediatamente los lunes. En cuanto al talento humano, la planta logra trabajar de forma eficiente utilizando tres operarios por turno en casi todas las estaciones. Este equipo recibe el respaldo de un analista de calidad, quien asume la responsabilidad de realizar las inspecciones críticas, los análisis microbiológicos y el monitoreo de variables como el pH, la temperatura y el peso neto. Asimismo, un supervisor de planta se encarga de dirigir las actividades cotidianas, coordinar las tareas y vigilar que se cumplan estrictamente las buenas prácticas de fabricación.

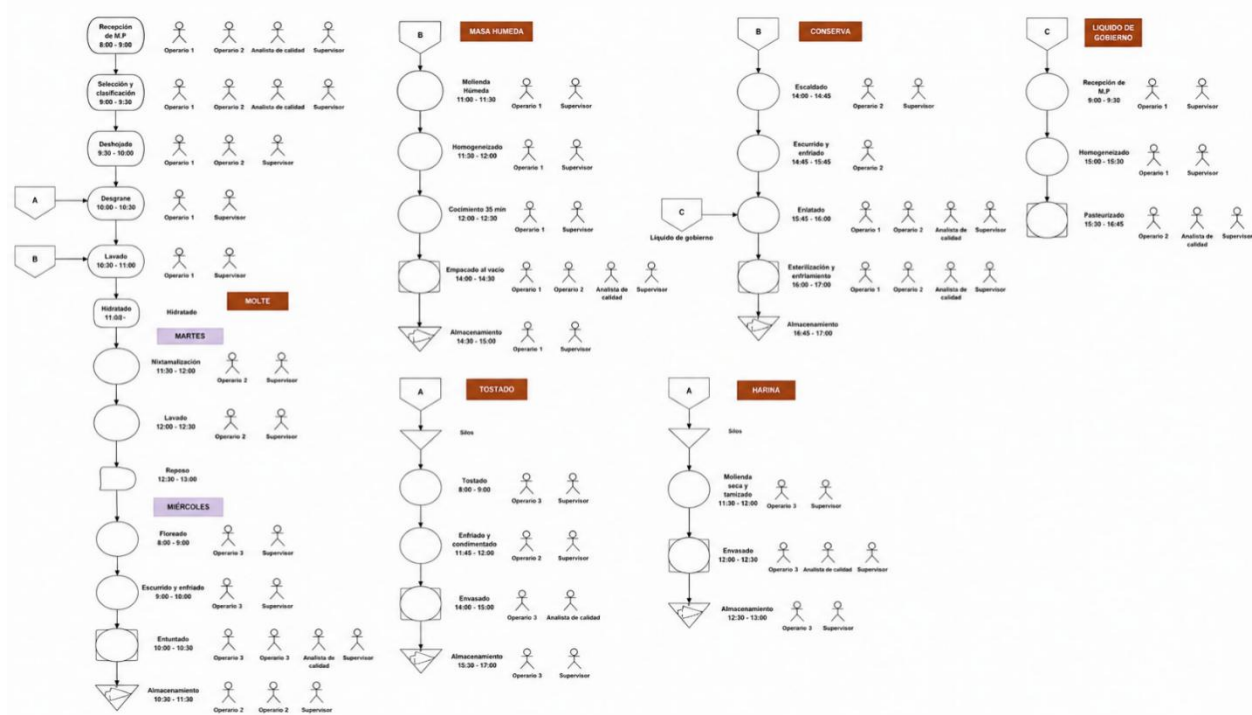


Figura 6. Diagrama DOP para los procesos de Snacks, conserva, masa para humitas, harina y mote.

Realizado por: Ander Barahona

El balance de masa se calculó para los 5 productos que se van a fabricar durante un mes de actividad laboral. En primer lugar, se consideró el total de las entradas, que incluyen la materia prima básica, los aditivos y el agua, sumando un conjunto de 88.973,96 kg. Por otra parte, las

salidas arrojaron exactamente la misma cantidad que los ingresos. Estas bajas y productos finales abarcan los artículos terminados (masa para humitas, maíz tostado, harina, mote y harina), los desechos o subproductos (como la tusa, hojas, pelos y granos defectuosos) y el agua residual. Gracias a este balance, se pudo comprobar que la medición de las materias primas, los desperdicios y los productos terminados es totalmente exacta.

Con respecto al diseño y distribución de la fábrica, el paso inicial del método SLP consistió en medir el espacio que ocuparían las máquinas a través del método Guerchet. En este análisis se decidió dejar fuera del área de producción a las bombas dosificadoras y a las válvulas tanto manuales como automáticas, ya que operan únicamente como sistemas secundarios para el paso de fluidos. Se llevó a cabo la adición de los tres tipos de áreas calculadas: el área estática (Ss) de 31,58 m², el área de gravitación (Sg) de 121,74 m² y el área evolutiva (Se) de 22,998 m², obteniendo así un área total neta (ST) de 510,4 m². Además, para acatar las normativas de la ARCSA —las cuales sugieren pasadizos con un ancho de 1,2 a 1,5 metros para mantener la limpieza, la seguridad y prevenir que los alimentos se contaminen entre sí—, se empleó un factor de corrección prudente de 1,2. Con este ajuste, el espacio bruto estimado para la producción se fijó en 510,4 m² × 1,2 = 612,48 m², lo que equivale a cerca de 613 m². Por último, al integrar las zonas de recepción de insumos, las bodegas de materiales y productos finales, el área administrativa, los vestidores, los sanitarios, la zona de caldera y generador, el taller de mantenimiento, el laboratorio y el estacionamiento, se determinó que la planta procesadora de maíz requerirá una extensión total de 1.000 m².

En la tabla 2 se detallan los diferentes puestos de trabajo y las tareas que se realizan en cada sector de la fábrica de maíz. La producción se dividió de manera ordenada en 11 estaciones específicas, identificadas desde la letra A hasta la K. Estas áreas están distribuidas tanto en línea recta como en circuitos paralelos, logrando acoplarse perfectamente a los caminos que requiere cada producto.

Tabla 2. Superficie por estaciones para el área de producción.

Estación	Descripción	Superficie m ²
A	Recepción, Selección, Deshojado, Desgranado	58,3
B	Almacenamiento Temporal, Silo, Lavado E Hidratado	42,29
C	Nixtamalización, Reposo Y Lavado Final	44,9
D	Floreado, Escurrido Y Enfriado	45,8
E	Molienda Húmeda, Homogenización Y Cocción (Masa/Humitas)	38,47
F	Preparación Y Pasteurización De Líquido De Gobierno	38,47
G	Enlatado, Esterilización Y Enfriamiento	45,12
H	Empaque Al Vacío Y Empaque En Funda (Mote) (Masa)	51,6
I	Tostado, Condimentado Y Empaque De Snacks	48,07
J	Molienda Seca, Tamizado Y Empaque Harina	42,2

DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS A PARTIR DEL MAÍZ (*Zea mays*)

K	Bandas Transportadoras De Productos Terminados	55,2
TOTAL		510,42

Realizado por: Ander Barahona

En la tabla 3 se puede revisar el camino de fabricación que le corresponde a cada producto. En el caso del mote enfundado, que documenta un peso de 7524,68 kg al mes, las fases incluyen las estaciones A-B-C-D-H-K. En cambio, la masa para humita sellada al vacío, con 8.039,64 kg por mes, transita por la vía A-B-E-H-K. Las conservas y productos enlatados, que suman 2916,14 kg/mes, se procesan mediante el circuito A-B-G-K; F-G. Asimismo, los snacks tostados, con una cantidad de 3235,50 kg/mes, se elaboran a través de las estaciones A-B-I-K y, finalmente, la harina, que alcanza los 5006,52 kg/mes, completa su ciclo mediante el trayecto A-B-J-K.

Tabla 3. Ruta de proceso para los 5 productos

N°	Producto	Ruta	Producción mensual (kg)
1	Mote enfundado	A-B-C-D-H-K	7524,68
2	Masa para humita al vacío	A-B-E-H-K	8039,64
3	En conserva	A-B-G-K; F-G	2916,14
4	Snack tostado	A-B-I-K	3235,50
5	Harina	A-B-J-K	5006,52

Realizado por: Ander Barahona

Una vez definidas estas rutas de trabajo por estaciones para cada artículo, se propuso un diseño de distribución inicial como base para las siguientes fases del proyecto. Después de esto, se llevó a cabo el análisis Producto-Cantidad (P-Q), el cual sirvió para precisar exactamente cómo se mueven los materiales de los cinco productos entre las diferentes áreas. Con estos datos, se estructuró un esquema de flujo para las estaciones, organizando cada vínculo de acuerdo con el volumen y la frecuencia con la que se trasladan los insumos. Con el propósito de otorgar las calificaciones de cercanía a estos flujos de trabajo, se estableció un intervalo de valores empleando la ecuación 2.

$$Rango = \frac{Valor\ más\ alto - Valor\ más\ bajo}{Número\ de\ productos} \quad (2)$$

Estos flujos se agrupan en cinco intervalos iguales de aproximadamente 4.844,12 kg/mes cada uno, y a cada intervalo se le asigna un código de proximidad de acuerdo con la tabla 4.

Tabla 4. Codificación establecida de acuerdo con el rango.

Código	Proximidad	Rango (kg/mes)	
		Menor	Mayor
A	Absolutamente necesaria	19376.48	24220.60
E	Especialmente necesaria	14532.36	19376.48
I	Importante	9688.24	14532.36

DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS A PARTIR DEL MAÍZ (*Zea mays*)

O	Ordinaria	4844.12	9688.24
U	Ninguna	0.00	4844.12

Realizado por: Ander Barahona

Vale la pena recalcar que los sectores clasificados con las letras A o E, tales como los tramos A-B y H-K, tienen que estar localizados con la mayor proximidad posible. Esto se debe a que concentran los traslados de material más delicados de toda la fábrica, vinculados directamente con la recepción de las materias primas o con el despacho de los productos ya listos. En contraste, las tareas etiquetadas con la letra U no requieren estar próximas entre sí, debido a que el movimiento de recursos entre ellas es casi nulo. Esta forma de clasificar los espacios sirve como guía para estructurar la planta piloto, asegurando que las zonas con un tráfico de materiales más pesado queden juntas. De esta manera, se acortan los trayectos de traslado y se reduce de forma notable el peligro de que ocurra una contaminación cruzada. Para concluir, en la tabla 5 se exponen los códigos y los símbolos utilizados para la organización de las áreas.

Tabla 5. Códigos de proximidad y espacios.

Código	Proximidad	Espacios
A	Absolutamente necesaria	
E	Especialmente necesaria	
I	Importante	
O	Ordinaria	
U	Ninguna	

Realizado por: Ander Barahona

En la figura 7 se observa el planteamiento inicial del espacio para el área de producción y organiza visualmente los espacios de la planta basándose en los códigos de proximidad.

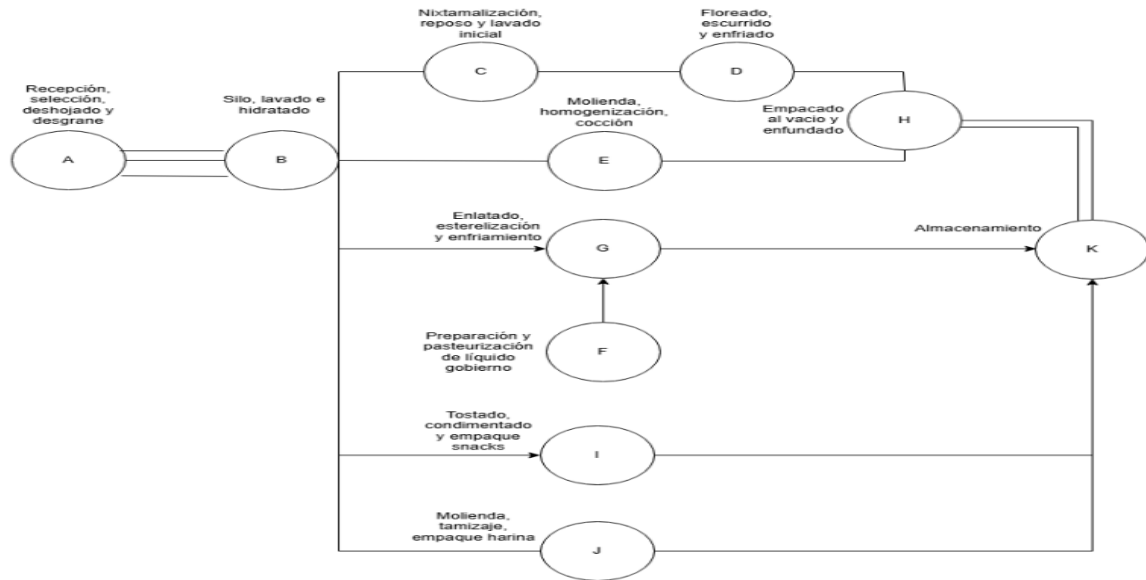


Figura 7. Diagrama inicial y de relación de espacios.

Realizado por: Ander Barahona

En la siguiente sección se describen las dos alternativas de diseño que se desarrollaron basándose en un diagrama relacional de actividades y espacios. La figura 8 muestra la alternativa 1 realizada con un layout de forma lineal.

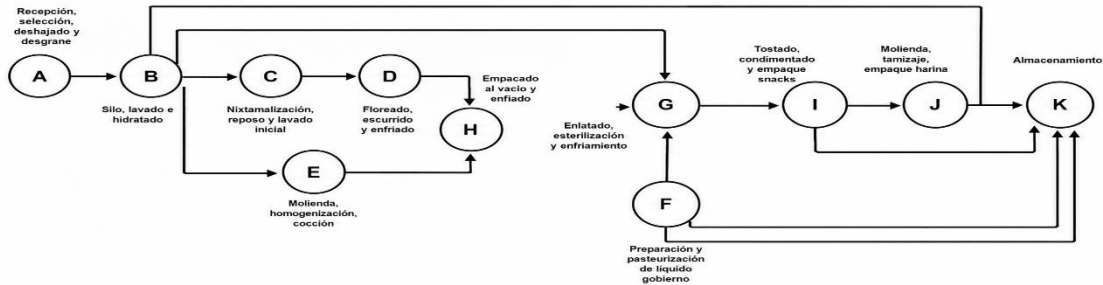


Figura 8. Alternativa 1 en forma lineal.

Realizado por: Ander Barahona

La meta de ambas propuestas es hacer la vida más fácil en la planta: buscan optimizar el movimiento de los insumos mediante caminos compartidos y paralelos, recortar los tiempos de traslado y alejar cualquier peligro de contaminación cruzada. Para que tengan otra opción, en la figura 9 presentamos la alternativa 2, que esta vez tiene una forma de U. Ahora bien, para elegir con sabiduría cómo reestructurar la planta piloto, nos sentamos a analizar cada diseño bajo una lupa de criterios específicos. Elegimos estos puntos porque son clave si queremos un entorno de trabajo eficiente, seguro y que no se complique al momento de fabricar, ya sea al mismo tiempo o por etapas, estos cinco derivados del maíz y el choclo: las conservas, el mote enfundado, la masa para humita al vacío, los snacks tostados y la harina.

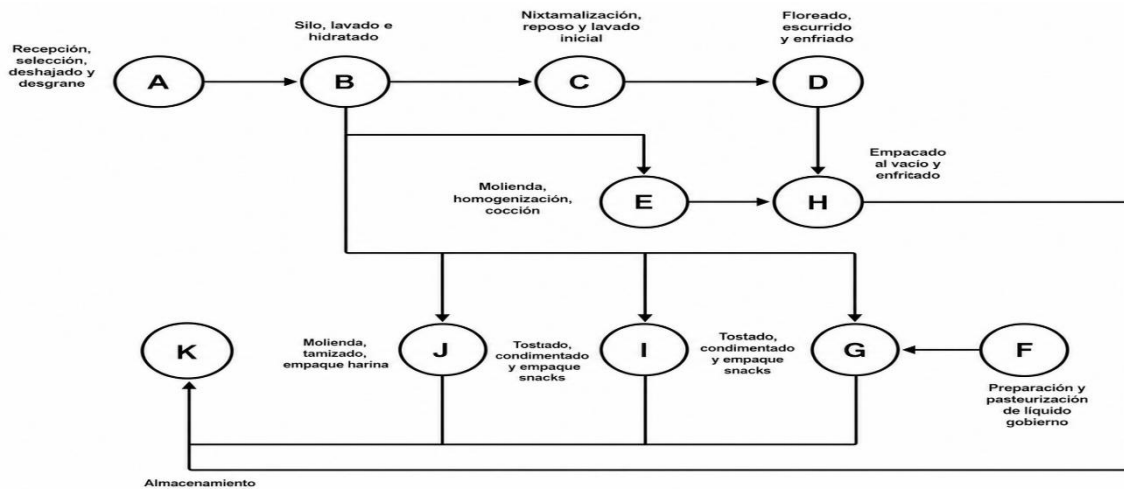


Figura 9. Alternativa 2 en forma de U.

Realizado por: Ander Barahona

Para tomar la decisión final sobre qué layout usar, se armó una tabla de juego con los siguientes factores y sus respectivos pesos de importancia: el flujo de materiales (0,36), aprovechar el espacio al máximo (0,20), las condiciones de seguridad (0,18), qué tan fácil es controlar y supervisar todo (0,14) y las facilidades para el mantenimiento (0,12). Para calificar cada propuesta, usamos cuatro niveles muy sencillos: Crítico (0 puntos), Regular (1 punto), Bueno (2 puntos) y Excelente (3 puntos). Al final, cada diseño recibió su nota según qué tan bien respondía a estos requisitos y, para sacar el promedio real de cada alternativa, aplicamos la ecuación 3.

$$\text{Margen de contribución} = \text{Ponderación} \times \text{Puntos (3)}$$

Quedándonos con el diseño original como la opción ganadora. La razón principal es que consiguió el margen de contribución total más alto (2,68), dejando atrás tanto a la propuesta lineal (2,24) como al modelo en forma de U (2,34). Este excelente puntaje se logró gracias a que la distribución original funciona de maravilla para el flujo de materiales, alcanzando una nota de 3 puntos en este apartado que, además, tenía un peso muy importante de 0,36. Esto permite que la fabricación de los cinco productos se divida perfectamente sin que ocurran cruces o interferencias innecesarias. Para ver cómo quedaron distribuidas todas las estaciones que definimos antes, pueden revisar el plano en 2D que se muestra en la figura 10.

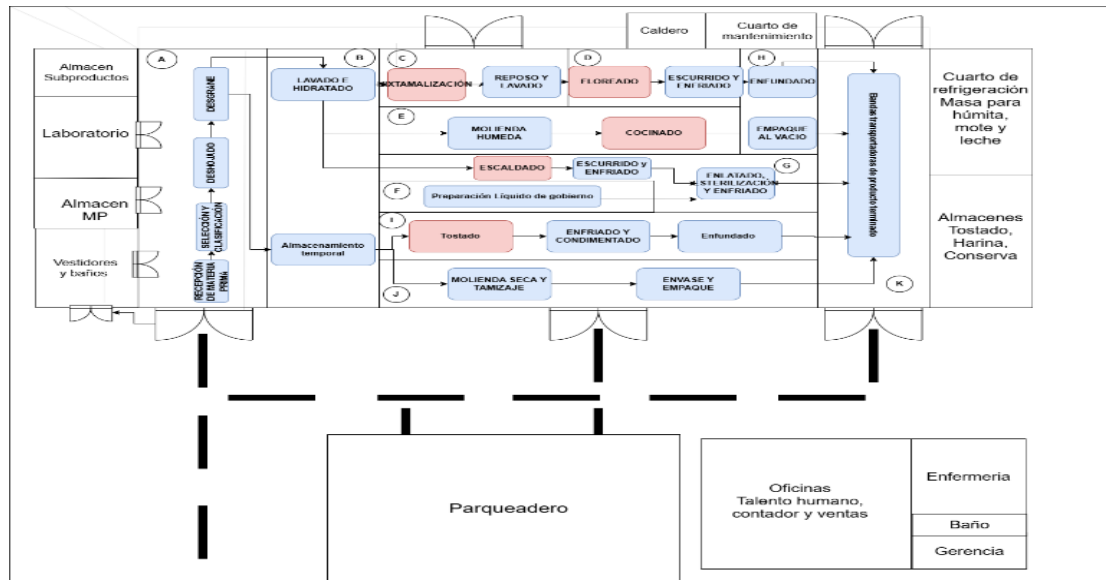


Figura 10. Plano 2d de la planta.

Realizado por: Ander Barahona

En la esquina superior izquierda se colocó la bodega de subproductos, pensada para guardar cáscaras, desechos y materiales que se puedan recuperar, la cual cuenta con 20 m², exactamente el mismo espacio que se le dio al almacén de materias primas. Por otro lado, el almacenamiento para los productos ya listos se organizó en las dos esquinas del lado derecho. Aquí se destinaron 30 m² con refrigeración para cuidar la masa y las humitas, y otros 30 m² a temperatura ambiente para albergar los snacks tostados, la harina y las conservas, cumpliendo al pie de la letra con las normativas de la ARCSA. En cuanto a las áreas de servicio y apoyo, se incluyeron vestidores y baños (20 m²), un laboratorio (30 m²), las oficinas de administración (50 m²), la zona de dirección junto a enfermería (30 m²), sanitarios extras (20 m²) y el cuarto para calderas y mantenimiento (40 m²). También sumamos un espacio temporal para recibir la materia prima (30 m²) y un parqueadero en el exterior (60 m²). Al sumar todo, la planta utiliza un terreno de 963 m², lo que nos deja libres unos 37 m² exclusivos para los pasillos y la circulación del personal. Para ver cómo funciona todo esto en marcha, en la figura 11 la simulación en FlexSim nos regala una perspectiva muy cercana a la realidad sobre cómo es la producción de estos cinco derivados del maíz nixtamalizado.

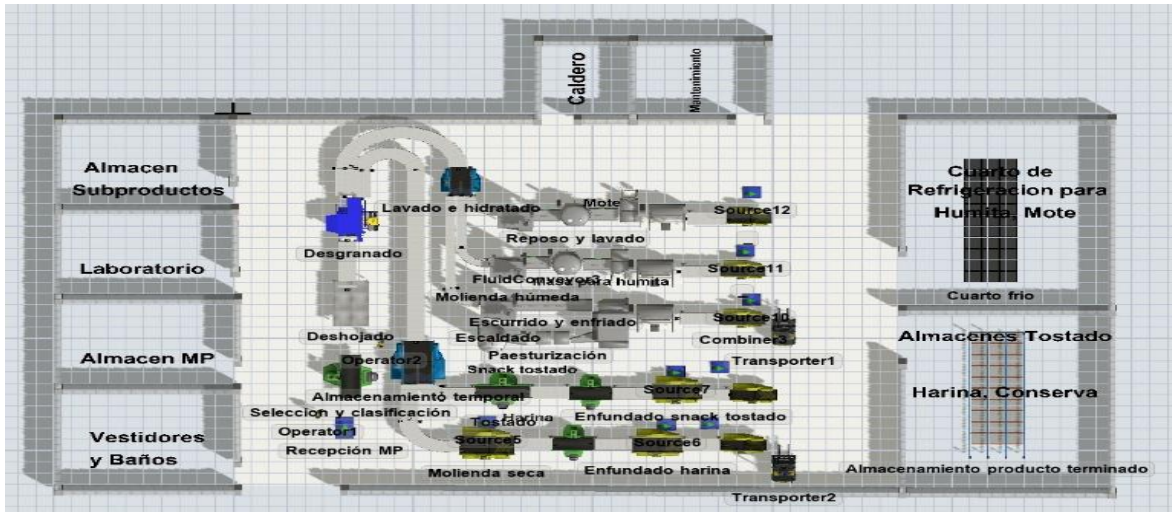


Figura 11. Simulación en FlexSim

Realizado por: Ander Barahona

Para que este modelo digital fuera lo más fiel posible, se ubicó cada máquina con sus dimensiones y velocidades reales, pero además sumamos la forma en que los operarios caminan de un lado a otro. Para ello, usamos datos de personas reales, fijando una estatura promedio de 1,70 m y una velocidad común al caminar de 1,1 m/s, logrando así que el comportamiento de los trabajadores sea idéntico al de una jornada real. Después de simular un turno completo de 8 horas con el programa FlexSim, revisamos los resultados de cada máquina desde los paneles de control. El análisis mostró que algunas máquinas estuvieron trabajando casi todo el tiempo a tope; por ejemplo, la máquina envasadora de snacks tostados, el molino en seco y la empaquetadora de harina estuvieron en funcionamiento más del 99 % del turno. Por su parte, las máquinas de tostado, cocinado y floreado superaron el 80 % de actividad. Por otro lado, hubo maquinaria que se usó muy poco, como la desgranadora (14 %), la tamizadora (menos del 9 %), la mezcladora de masa (alrededor del 25 %), la línea de enlatado (más o menos el 33 %) y la selladora al vacío (50 %). Esta disparidad ocurre porque la fábrica trabaja con horarios escalonados, puesto que los camiones con el maíz llegan temprano por la mañana y cada línea de producción arranca a una hora diferente del día. Gracias a este examen, se pudo ver con total claridad dónde se forman los cuellos de botella y en qué partes podemos mejorar el ritmo de trabajo.

Al entrar en la parte del análisis financiero, lo primero que se realizó fue calcular los gastos en materias primas y los costos indirectos. Tomando como base un solo lote de producción, la inversión en ingredientes y materiales esenciales da un total de 19.813,25 dólares, una cantidad que al proyectarse a doce meses de trabajo alcanza los 237.759,02 dólares al año. Cabe destacar que los precios por unidad se fijaron de acuerdo con los costos mayoristas que se manejan en la provincia de Chimborazo, acudiendo directo a los mercados mayoristas de Riobamba y a los distribuidores de la zona. Elegir estas fuentes nos permite conseguir tarifas más económicas, no solo por el volumen de compra.

Por el lado de los costos indirectos de fabricación, los volúmenes de insumos necesarios se estimaron a partir del mismo lote básico, guiándonos por los resultados del balance de masa y lo que pide cada línea de negocio. Se detallan a continuación los empaques concretos: bolsas de polietileno para la harina, latas para el maíz en conserva, bolsas específicas para sellar al vacío la masa de humitas, empaques bilaminados para los snacks tostados y fundas de polipropileno para el mote. A esto se le suman las etiquetas y las cajas de cartón que usaremos para identificar y repartir la mercadería. Al revisar los números de este lote base, la compra de estos materiales representa un gasto de 15.393,96 dólares, una cifra que al expandirse al año completo llega a los 184.727,52 dólares. Es necesario aclarar que entran en la categoría de costos indirectos porque, aunque son indispensables para el negocio, no forman parte comestible del producto final.

El equipo humano para la zona de operaciones se armó pensando en la eficiencia del día a día y siguiendo lo que definimos en el diagrama DOP. Este grupo quedó conformado por tres operarios, un analista para el control de calidad y un supervisor. Para el resto de las funciones de la compañía, los cargos de director general, contador, conserje, jefe de recursos humanos, vendedor, especialista en marketing y chofer se seleccionaron con el propósito de imitar la estructura habitual de una pequeña empresa del sector alimentario, apuntando a un conjunto de trabajo reducido, pero altamente eficiente. Si desean examinar el presupuesto exhaustivamente, la tabla 6 contiene la nómina mensual y anual de la planta de producción. En dicha tabla se desglosa cada puesto, el número de empleados por cargo, el sueldo base y todas las prestaciones estipuladas por la legislación de Ecuador, tales como los décimos, los fondos de reserva, la remuneración por vacaciones y las contribuciones del empleador.

Tabla 6. Sueldos anuales y mensuales por áreas

Sueldos a administrativos/año	Sueldos a administrativos/mes
\$95.114,44	\$7.926,20
Sueldos a producción/año	Sueldos a producción/mes
\$107.983,57	\$8.998,63
Sueldos a ventas/año	Sueldos a ventas/mes
\$50.857,17	\$4.238,10

Realizado por: Ander Barahona

Para calcular los costos de mano de obra con total exactitud y de acuerdo con las leyes vigentes, todas las proyecciones de sueldos en Ecuador incluyen las prestaciones obligatorias. Esto abarca los décimos tercer y cuarto sueldo, el 8,33 % correspondiente a los fondos de reserva, el 4,17 % por concepto de vacaciones y el aporte patronal fijado en el 11,15 %. Al revisar los resultados en la tabla 4-20, los gastos destinados a las nóminas mensuales y anuales de cada área se reparten de la siguiente manera: el departamento administrativo requiere 95.115,44 dólares, el sector de producción suma 107.983,57 dólares y la división de ventas alcanza los 50.857,17 dólares.

En cuanto a la infraestructura, los activos fijos no corrientes de la fábrica representan un valor global de 330.750 dólares. El proyecto se edificará sobre un terreno de 1.000 m² cuyo precio se estimó en 90 dólares por metro cuadrado, dando un costo de 90.000 dólares. Por su parte, la

infraestructura física abarcará una construcción de 963 m² con un costo de edificación de 250 dólares por metro cuadrado. De la extensión total del terreno, se reservaron unos 37 m² que se usarán exclusivamente para pasillos de circulación y espacios verdes. Para fijar el valor de la tierra nos guiamos por los precios actuales del mercado y los avalúos oficiales que rigen en la provincia de Chimborazo a través del Sistema Nacional de Información Territorial —SNIT—. Asimismo, el presupuesto para levantar la obra se calculó con base en los promedios regionales para naves industriales que maneja la Cámara Ecuatoriana de la Industria de la Construcción —CIC—.

Al precio de cada máquina se le sumó un margen del 30 % para cubrir los costos de fletes, aranceles de importación e impuestos locales en Ecuador. De igual modo, para los equipos enfocados en la producción se contempló un 10 % extra destinado a los trabajos de instalación, exceptuando únicamente los montacargas y las mesas de acero inoxidable. En la parte del laboratorio, se presupuestaron todas las herramientas exigidas por los reglamentos de Agrocalidad e INEN, incorporando balanzas de precisión, medidores de humedad, estufas de secado y kits de prueba ELISA para detectar aflatoxinas. Cabe aclarar que ciertos instrumentos de medición no se detallan uno por uno porque ya vienen integrados de fábrica dentro de los sistemas de automatización PLC de las máquinas principales. Al final, la inversión global destinada a la adquisición de maquinaria, herramientas y equipos de control cierra en 118.303,32 dólares.

Por otra parte, los activos no corrientes complementarios para la fábrica representan un valor de 41.930 dólares. Dentro de este grupo se ha presupuestado un generador eléctrico de emergencia por 4.000 dólares, ideal para mantener la planta activa frente a posibles apagones; una caldera de vapor de 10.000 dólares, indispensable para las etapas calóricas de cocción y pasteurización; y un camión de carga valorado en 20.000 dólares para encargarse del reparto de la mercadería. También se añadieron los costos de los sistemas de videovigilancia y el equipo de protección para los trabajadores, garantizando el cumplimiento de las normativas de salud ocupacional y bioseguridad. Al sumar todos estos elementos, el monto total de los activos fijos de la empresa cierra en 513.880,83 dólares. Cabe señalar que en esta cantidad ya viene incluida una reserva del 5 % para eventualidades —que equivale a 24.470,52 dólares— pensada para solventar cualquier gasto sorpresa vinculado a la infraestructura o maquinaria.

Para los activos intangibles, el desembolso total fue de 1.560 dólares. Con este dinero se cubrieron los gastos de escrituras y formalización de los terrenos (500 dólares), las primeras pruebas y estudios de campo (100 dólares), la creación de la identidad de marca (500 dólares), el registro de la patente comercial (210 dólares) y las licencias de software (250 dólares). Todas estas partidas cumplen con la norma NIC 38 porque son cosas medibles y que la empresa controla directamente. El total de los activos no corrientes se sacó sumando lo tangible y lo intangible: $515.532,48 + 1.560,00 = 517.092,48$ dólares. Este total es lo que se usará para justificar el préstamo bancario, ya que incluye las compras, la instalación y el dinero para imprevistos que se necesitan para poner en marcha la fábrica.

Para financiar el proyecto, se planea solicitar un crédito bancario de 517.092,48 dólares a pagar en un periodo de 5 años, con un interés fijado en el 10 % anual. Optando por el sistema de amortización francés que destaca por manejar dividendos fijos, la obligación anual a pagar se estableció en 136.407 dólares, monto que amortiza tanto la deuda base como las tasas

financieras. Al concluir los cinco años de plazo, el desembolso global habrá sido de 682.038,47 dólares, repartidos en 517.092,48 dólares del capital inicial y 164.946 dólares acumulados por intereses. Vale recordar que estos cargos por financiamiento se ingresan como gastos de la empresa y ayudan a disminuir el pago de impuestos. Esta planificación financiera asegura cuotas estables y se ajusta a lo que ofrece actualmente la banca en Ecuador para los emprendimientos del sector agroindustrial.

El gasto por depreciación anual de todos los bienes se fijó en 28.267,44 dólares. Este cálculo se realizó siguiendo de cerca los porcentajes que dicta la Ley de Régimen Tributario Interno en Ecuador: un 33 % para las herramientas de computación, un 5 % para las construcciones y mobiliario, un 20 % para el transporte de carga, y un 10 % para la maquinaria de planta y laboratorio. En paralelo, las pólizas de seguro para proteger estos bienes conllevan un pago anual de 14.915,58 dólares, una cifra estimada a partir de una tasa promedio del 4 % sobre el costo de la infraestructura, equipos de producción, vehículos, laboratorio y computadoras.

Por otro lado, sostener la parte administrativa del negocio costará un total de 115.175,82 dólares al año. Dentro de esta cantidad, los egresos más fuertes corresponden a los sueldos del personal de oficina (95.114,44 dólares) y al pago de seguros (14.915,58 dólares). El resto del presupuesto se destina a cubrir la conexión a internet y telefonía (1.800 dólares), el pago de servicios básicos, el mantenimiento de las oficinas, la compra de papelería y el desgaste contable de muebles y computadoras. En cuanto al departamento de comercialización, los gastos de ventas anuales se situaron en 60.232,17 dólares. Esta inversión se concentra sobre todo en los salarios del equipo de ventas (50.857,17 dólares), las campañas de publicidad y marketing (3.000 dólares) y la asistencia a ferias comerciales (2.000 dólares). También incluye la depreciación anual del camión de reparto (4.000 dólares), el combustible, el mantenimiento del vehículo y las patentes municipales necesarias para operar.

Respecto a las obligaciones financieras, estas provienen únicamente de los intereses generados por el crédito del banco. A lo largo de los cinco años de plazo, el negocio pagará un total de 164.946 dólares por este concepto, bajo una modalidad que disminuye año con año: arrancando con 51.709 dólares durante el primer periodo y bajando hasta 12.401 dólares para el quinto año. Vale recordar que estos valores ayudan a reducir la base imponible para el pago de impuestos. Por su parte, los costos de producción anuales se fijaron en 22.831,40 dólares, cifra que responde de forma exclusiva al desgaste contable de los bienes que operan directo en la fábrica. Esto incluye la depreciación de la maquinaria de planta (10.553 dólares), los implementos del laboratorio (241 dólares) y la infraestructura del edificio (12.038 dólares).

Se llevó a cabo un levantamiento de información en los supermercados de Riobamba con el fin de definir las tarifas comerciales de la marca. A partir de este análisis de mercado, se establecieron los siguientes precios de venta al público: el mote a 1,00 dólar (500 g), el maíz en conserva a 2,25 dólares (500 g), la harina de maíz a 1,75 dólares (1 kg), los snacks tostados a 0,85 dólares (95 g) y la masa para preparar humitas a 3,00 dólares (500 g). La estrategia consistió en ubicar los costos un poco por debajo de la competencia directa, buscando que los productos sean atractivos y accesibles para las familias de la provincia de Chimborazo. Con esta propuesta de precios y el ritmo de fabricación estimado por mes, las ventas brutas mensuales proyectadas

alcanzan los 115.727,75 dólares. Esto significa que la empresa generará un ingreso bruto anual de 1.388.733 dólares. Cabe mencionar que la masa para humitas y los snacks tostados son los productos que más dinero aportan al negocio, seguidos por el mote, los enlatados y la harina. Es importante aclarar que estas cantidades representan las ventas totales antes de restar cualquier tipo de gasto u obligación.

Para proyectar el estado de resultados de los años siguientes, se utiliza una tasa de crecimiento anual efectiva del 10,67 %, basada en la tasa de interés para préstamos productivos a pymes publicada por el Banco Central del Ecuador, según la ecuación 4.

$$\text{Valor proyectado} = \text{Valor base (año 1)} \times (1 + \text{tasa efectiva})^{(n-1)} \quad (4)$$

El armado del estado de resultados comienza con el cálculo de la utilidad bruta, la cual se descubre al restarle a las ventas totales todos los costos ligados a la fabricación (es decir, la materia prima, los sueldos directos de los operarios, los gastos indirectos de la fábrica y la depreciación). Después de este paso, se identifican los gastos de la operación —donde entran los desembolsos administrativos, comerciales, financieros y productivos— y se le restan a esa utilidad bruta para hallar la utilidad antes de participaciones. A partir de este monto se descuenta el 15 % que por ley les corresponde a los trabajadores. Luego, al saldo restante se le aplica el 22 % por concepto de Impuesto a la Renta, logrando obtener así la utilidad líquida. Esta última cifra es la ganancia neta real que queda libre para repartirse entre los socios o para volver a invertirse en el negocio, y demuestra cómo funcionaría financieramente la fábrica bajo una proyección de crecimiento prudente del 10,67 % cada año.

Por otra parte, para armar el flujo de caja se toma como punto de partida el beneficio neto (que es la utilidad que queda tras pagar los impuestos); a este valor se le vuelve a sumar la depreciación por ser un gasto que no implica una salida real de dinero, y se le resta el pago del capital del crédito, que sí representa un desembolso efectivo de caja. Este proceso permite transformar los registros de la contabilidad en el dinero real que la empresa tiene disponible. Además, para traer las ganancias futuras hoy en día, los flujos se actualizan a valor presente aplicando una tasa de descuento del 12 % (WACC) mediante la fórmula detallada en la ecuación 5.

$$\text{Valor actual} = \frac{\text{Valor base (año 1)}}{(1 + \text{tasa efectiva})^{(\text{año})}} \quad (5)$$

En la tabla 7 se demuestra claramente que el negocio es tanto viable como rentable. Esto se confirma al observar un VAN positivo de 113.704,88 dólares y una TIR del 16 %, la cual supera con éxito el 12 % que se exigía en un principio. Asimismo, el proyecto arroja una relación beneficio-costos de 1,30, un indicador muy favorable que nos dice que por cada dólar que se invierte en la planta, esta devolverá 1,30 dólares en beneficios.

Tabla 7. Sueldos anuales y mensuales por áreas

TIR	16%
VAN	\$113.704,88
R/BC	1,30

Realizado por: Ander Barahona

DISCUSIÓN

Los resultados del diseño de la planta procesadora de productos derivados del maíz (*Zea mays*) demuestran que el proyecto es viable desde el punto de vista técnico, operativo y económico. Este trabajo sigue los mismos enfoques que otros proyectos de ingeniería agroindustrial realizados en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). La planta tendrá una superficie total de 1.000 m², de los cuales 613 m² corresponden al área de producción distribuida en 11 estaciones optimizadas con el método SLP. Esta organización coincide con los principios de distribución espacial aplicados en tesis anteriores. Por ejemplo, en el rediseño de la planta de lácteos Tunshi (13) se utilizaron SLP y Guerchet para reorganizar las áreas, mejorar el flujo y cumplir con las normas, aunque enfrentaron limitaciones propias de instalaciones ya existentes, como problemas de plagas y señalética. En este caso, al diseñar desde cero, se evitaron esas dificultades: se incorporaron pasillos de 1,2 a 1,5 metros según ARCSA y se minimizaron los riesgos de contaminación cruzada.

La simulación en FlexSim mostró una alta utilización de los equipos críticos, por encima del 99 % en envasadoras y molienda seca, pero más baja en otras máquinas como la desgranadora (alrededor del 14 %). Esta diferencia se debe principalmente a la producción por lotes y a los horarios escalonados. Estos hallazgos coinciden con lo reportado en una propuesta de planta piloto para frutas (12), donde también se usó la simulación para validar procesos y detectar cuellos de botella en líneas compartidas. Ambas experiencias resaltan la utilidad de las herramientas de simulación dinámica para optimizar plantas piloto y mejorar la eficiencia operativa. Desde el punto de vista económico, los indicadores son favorables: un VAN positivo de 113.704 dólares, una TIR del 16 % y una relación beneficio-costos de 1,30, todos por encima del WACC del 12 %. Estos valores son comparables a los obtenidos en otros trabajos, como el rediseño de la planta de lácteos (13), que alcanzó un B/C de 1,15. Los ingresos proyectados de 1.388.733 dólares en el primer año se basan en la diversificación de cinco productos priorizados por la encuesta (mote 31 %, masa 28 %, entre otros). Esta estrategia ayuda a fortalecer la resiliencia del proyecto ante posibles cambios en el mercado.

Los diagramas PFD, P&ID y DOP aseguran que se pueda seguir todo el proceso y que se cumplan las normas de inocuidad de ARCSA e INEN. Esto ayuda a solucionar problemas comunes que se ven en plantas ya existentes, como los que pasaron en la planta de lácteos Tunshi. Por otro lado, la proyección de que podría haber un excedente de maíz de hasta 186.000 toneladas para 2030, apoya que el proyecto se pueda ampliar. A pesar de esto, el estudio tiene algunas limitaciones. Por ejemplo, dependemos de la materia prima local, que son 400 toneladas al año, o sea, solo el

10% del maíz crudo que hay disponible. También se necesita seguir capacitando a los operarios. Tampoco se analizaron en profundidad los impactos ambientales de los efluentes ni se realizaron análisis de sensibilidad ante variaciones en los precios de los insumos. Estos aspectos se recomiendan para futuras investigaciones. El estudio presenta algunas limitaciones, como la dependencia de la materia prima local (400 toneladas al año, equivalente al 10 % del maíz crudo disponible) y la necesidad de capacitación continua para los operarios. Tampoco se analizaron en profundidad los impactos ambientales de los efluentes ni se realizaron análisis de sensibilidad ante variaciones en los precios de los insumos. Estos aspectos se recomiendan para futuras investigaciones.

CONCLUSIONES

La encuesta realizada a 150 personas mostró claramente cuáles son los cinco productos derivados del maíz que más interesan a los consumidores, junto con sus porcentajes de producción sobre los 33.332 kg mensuales: mote (31 %), masa para humitas envasada al vacío (28 %), harina de maíz (19 %), snack tostado (12 %) y choclo enlatado (10 %). Estos resultados ayudaron a definir los productos prioritarios y los volúmenes de producción de la planta. Los datos oficiales de oferta y demanda de maíz entre 2020 y 2030 confirman que el excedente seguirá creciendo, pasando de 46.000 toneladas en 2025 a 186.000 toneladas en 2030. Por los diagramas de ingeniería y gestión, se determinó que la planta necesitará 68 máquinas principales y 52 instrumentos. Contará con un equipo de 5 trabajadores que laborarán 8 horas diarias, 5 días a la semana, aunque la línea de mote solo operará un día por semana por sus tiempos de preparación. De esta manera, la planta podrá generar cada mes: 15.049 unidades de 500 g de mote, 16.079 unidades de 500 g de masa para humitas, 5.320 latas de 500 g de conservas, 35.950 bolsas de 90 g de snacks tostados y 5.006 unidades de 1 kg de harina de maíz.

El método Guerchet determinó el tamaño de la maquinaria y las estaciones de trabajo, resultando en un área neta de producción de 510,42 m², que, tras un ajuste, alcanzó los 613 m². Incluyendo todos los espacios, la planta tendrá una superficie total de 1.000 m². El método SLP confirmó que la disposición de las 11 estaciones es la más eficiente. La simulación en FlexSim, para turnos de 8 horas, evidenció una utilización muy alta en máquinas críticas como el envasado de snack tostado (99,69 %), la molienda en seco (99,87 %) y el envasado de harina (99,66 %). Otras máquinas registraron menor uso debido a las distintas programaciones de producción.

El análisis financiero exhaustivo, que tuvo en cuenta materias primas, costos, salarios, activos e ingresos previstos— arrojó cifras muy favorables: un VAN de 113.704 dólares y una TIR del 16 %, superando el costo de oportunidad del 12 %. La relación beneficio-costos se situó en 1,30.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arias, I., Vallejo, M., Ibarra, M. Los costos de producción industrial en el Ecuador. Revista espacios, [en línea], 2020, vol. 41, no 07, p. 8. ISSN 0798 1015. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n07/a20v41n07p08.pdf>

2. Benavides, A. Definición de una metodología RCM para Entrepalmas SAS. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Colombia-Bogotá. 2021. Disponible en: repositorio.uniandes.edu.co
3. Blanco, M. Desarrollo de una herramienta destinada al diseño y gestión de diagramas de tuberías e instrumentación en proyectos de instalaciones industriales. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Sevilla. España-Sevilla. 2020. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutoriales/objetos/utilidades/utilidad034.pdf>
4. Carvajal, A. Plan de negocio para la comercialización de una bebida a base de infusiones tipo té de plantas aromáticas y medicinales lista para consumir en la provincia de Tungurahua. [En línea]. (Trabajo de titulación). S.l.: Universidad Técnica de Ambato. 2021. pág. 23. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b53a4276-68d1-479c-8b55-4fcd761055b8/content>
5. Cisneros, M. Propuesta de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la FCP-ESPOCH. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Ecuador-Riobamba. 2024. Disponible en: <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/277efc33-9891-43f2-9e25-f22c4075d59a/content>
6. Córdova, A. Propuesta de mejora de la línea de producción de pulpas de una empresa dedicada al procesamiento de frutas mediante la aplicación de herramientas de calidad. [En línea]. (Trabajo de titulación). Quito: Universidad Politécnica Salesiana. 2021. pág. 55. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21627/1/MSQ253.pdf>.
7. Corporación Financiera Nacional. Ficha sectorial. Cultivo de Maíz. [En línea]. 2023. Disponible en: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-2-trimestre/Ficha-Sectorial-Cultivo-de-maiz.pdf>
8. Figueroa, T., Quimis, A., Morán, J., Cabrera, J., Ortega, J. Caracterización morfológica y etnobotánica del maíz criollo (zea mays l.) En la comuna sancán, ecuador: caracterización morfológica del maíz criollo (zea mays l.). UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria, 2022, vol. 6, no 2, págs. 101-116.
9. González, Á., Moreno, K., Martínez, J. Biorrefinación sostenible del camarón: desarrollos desde la Ingeniería de Procesos Asistida por Computador. Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, 2022. Disponible en: file:///D:/Mis%20Documentos/Downloads/Libro_Biorrefinaci%C3%B3n%20sostenible%20del%20camar%C3%B3n_2022-1.pdf.
10. Guashco, L., Tenemaza, D. Diseño del secador de maíz utilizando materiales de los entornos rurales para la parroquia San José de Chazo. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Chimborazo. Facultad de Ingeniería. Ecuador-Riobamba. 2025. Disponible en: dspace.unach.edu.ec
11. Instituto Nacional de Estadística y Censos. 471.933 personas viven en Chimborazo. [blog]. Riobamba, 2023. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/471-933-personas-viven-en-chimborazo/>

12. Muñoz, J. Rediseño de una planta de procesamiento de granos, en la facultad de Ciencias Pecuarias–ESPOCH (Bachelor's thesis). 2014. Disponible en: <https://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3710/1/15T00578.pdf>
13. Naranjo, P. Propuesta de rediseño de la planta de lácteos Tunshi–Epoch mediante aplicaciones básicas de ingeniería. 2019. Disponible en: <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/368da98f-7804-4b84-8bd4-1feaf0fe36fd>
14. Ortiz, G., Sánchez, H., Moreno, G., Heredia, I., & Sánchez, C. Diseño de una planta de acabados textiles para la optimización de sus procesos químicos, mediante el uso de diagramas bpd, pfd y disposición layout. Polo del Conocimiento, [en línea], 2022, vol. 7, no 7, p. 42-71. ISSN: 2550-682X. Disponible en: <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4212/9923>
15. Sánchez, V, Fernández, J. El efecto de los paquetes tecnológicos en la productividad del maíz en Ecuador. Problemas del desarrollo [en línea], 2020, vol. 51, no 203, págs. 85-110. ISSN 0301-7036. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0301-70362020000400085&script=sci_arttext
16. Sutel. Guía para la realización de estudios de mercado junio 2022.
17. Torres, D., Cordero, D., Tonon, L., Fernández, E. Análisis Financiero para la Implementación de un Bus Eléctrico Urbano en la Ciudad de Cuenca. Economía y Negocios, [en línea], 2022, vol. 13, no 1, p. 133-149. Disponible en: <https://doi.org/10.29019/eyn.v13i1.939>
18. Velásquez, A., Flores, L., Villamar, J., Moreno, L. Análisis de la cadena agroalimentaria del maíz en Ecuador. Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, [en línea], 2023, vol. 8, no 1, p. 1862-1873. ISSN 2550 - 682X. Disponible en: 10.23857/pc.v8i1
19. Wang, Z. Flexim: Learning similarity functions for time-series data. 2023. Disponible en: https://cs.brown.edu/media/filer_public/ce/3d/ce3d9d04-a218-41c8-881d-549f76496256/zhuowang.pdf
20. Yépez, A., Blanco E., Ortega B., Aranibar, M. Costos y viabilidad económica de la producción y comercialización de la conserva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en escabeche. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, [en línea], 2023, vol. 34, no 4, p. e25950. ISSN 1609-9117. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i4.25950>