



Diseño de la distribución de una planta de embotellado de agua en la Pontificia Universidad Javeriana Cali

Andrés Felipe Bermúdez Pechene ^{a,c}, Christian Calvache Arias ^{a,c}, Mariana Gómez Quintero ^{a,c},
Juan Camilo Sarria Mina ^{a,c}

Luis Alonso Velasco Roldan ^{b,c}

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^bProfesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial

^cPontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia

^dEntidad y área donde realizó el estudio

Resumen en español

En el presente informe se muestra la oportunidad de negocio a través del proyecto sobre el futuro laboratorio de manufactura planteado por la Facultad de Ingeniería y Ciencias, que pretende estructurar una línea de embotellado de agua, con el que desde el punto de vista académico, busca fortalecer la formación académica de los estudiantes de ingeniería a través de actividades prácticas en un entorno real de producción en el que se muestre el manejo de una línea de producción (Laboratorios experimentales). Desde lo económico se espera que genere un ingreso adicional con la venta de botellas de agua con y sin gas dentro de la universidad. Para este proyecto se identifica como una oportunidad de diseño, realizar el diseño de la distribución del proceso productivo y su operación desde que ingresa el agua purificada al sistema hasta que son enviadas al cliente final como producto terminado, ya que la universidad no cuenta con un diseño eficiente que considere los requerimientos específicos al igual que verifique las condiciones y limitantes de las ubicaciones disponibles para poder seleccionar la ubicación más factible mediante el estudio y evaluación de las localizaciones disponibles en la universidad. Finalmente se aplican los conceptos de ingeniería industrial relacionados con la distribución de planta y estudio de métodos y tiempos, para cumplir con las restricciones y especificaciones de diseño, así como con las leyes, normas y estándares aplicables para el diseño de la planta.

Palabras claves: Distribución de planta, localización, Oportunidad de negocio.

Summary in English

This report presents a business opportunity through the project proposed by the Faculty of Engineering and Sciences, which aims to establish a water bottling line. From an academic perspective, the project seeks to enhance the academic training of engineering students through practical activities in a real production environment, showcasing the management of a production line (Experimental Laboratories). Economically, it is expected to generate additional income from the sale of carbonated and non-carbonated water bottles within the university. The project identifies an opportunity to design the layout of the production process and its operation, from the moment purified water enters the system until it is delivered to the final customer as a finished product. The university currently lacks an efficient design that considers specific requirements and verifies the conditions and limitations of available locations to select the most feasible location through the study and evaluation of available sites within the university. Finally, industrial engineering concepts related to plant layout, methods, and time studies are applied to meet design restrictions and specifications, as well as applicable laws, regulations, and standards for the plant design.

Keywords: Plant layout, location, business opportunity.

Tabla de contenido

I.	PROJECT CHARTER	4
II.	DEFINIR	5
A.	Contexto y Justificación (¿por qué?)	5
B.	Grupos de interés (¿Quiénes son los actores interesados?)	6
C.	Requerimientos	13
1)	Restricciones de diseño (Factibilidad)	13
2)	Especificaciones de diseño (Características)	17
3)	Leyes, normas y estándares (Buenas prácticas)	21
III.	MEDIR	22
A.	Plan de recolección de datos	22
B.	Exploración del mercado	23
IV.	ANALIZAR	29
A.	Análisis de Oportunidad	29
B.	Revisión de literatura	30
C.	Exploración de ideas y selección de alternativa	31
D.	Objetivos	38
E.	Plan de trabajo (PdT)	39
V.	DISEÑAR	40
A.	Desarrollo del diseño de la solución	40
B.	Validación del diseño propuesto	63
VI.	VERIFICAR	69
A.	Medición de los impactos	69
B.	Estandarización de la solución – POE’S (plan de control)	74
C.	Conclusiones	74
D.	Recomendaciones	75
VII.	GLOSARIO	76
VIII.	REFERENCIAS	76
IX.	ANEXOS	78

Índice de Tablas

TABLA I.	Evaluación grupos de interés.....	8
TABLA II.	Grupo de interesados y su identificador.....	9
TABLA III.	Condiciones físicas del agua envasada apta para consumo en Colombia.....	13
TABLA IV.	Condiciones químicas del agua envasada apta para consumo en Colombia.....	14
TABLA V.	Desinfección por cloración.....	15
TABLA VI.	Desinfección por Ozono.....	15
TABLA VII.	Requisitos y restricciones de los grupos de interés.....	16
TABLA VIII.	Capacidad de producción de la máquina con botellas de 1L.....	19
TABLA IX.	Capacidad de producción de la máquina con botellas de 0,5 L.....	20
TABLA X.	Demanda anual pronosticada de botellas de 1 L.....	20
TABLA XI.	Demanda anual pronosticada de botellas de 0,5L.....	20
TABLA XII.	Dimensiones de las máquinas.....	21
TABLA XIII.	Leyes, Normas y Estándares.....	21
TABLA XIV.	Indicadores de desempeño.....	23
TABLA XV.	Porcentajes de ventas de botellas con agua en la Mercadería.....	26
TABLA XVI.	Áreas de diseño de ingeniería industrial relacionadas con la oportunidad.....	30
TABLA XVII.	Revisión de literatura.....	30
TABLA XVIII.	Diagrama SIPOC - Planta de embotellado.....	33
TABLA XIX.	Análisis nivel de importancia.....	37
TABLA XX.	Ranking de Factores.....	37
TABLA XXI.	Plan de trabajo (PdT).....	39
TABLA XXII.	Ficha técnica <i>Monoblock</i>	40
TABLA XXIII.	Ficha técnica de Funda Termo-Encogible.....	41
TABLA XXIV.	Ficha técnica de Enfardadora semiautomática.....	41

TABLA XXV. Ficha técnica de Etiquetadora.....	41
TABLA XXVI. Balanceo de la línea de producción con botellas de 1 L.....	42
TABLA XXVII. Balanceo de la línea de producción con botellas de 0.5 L.....	42
TABLA XXVIII. Información balanceo de la línea de producción con botellas de 1 L.....	43
TABLA XIX. Información de balanceo de la línea de producción con botellas de 0.5 L.....	43
TABLA XXX. Capacidad de producción ideal de la línea de producción con botellas de 1 L.....	45
TABLA XXXI. Capacidad de producción ideal de la línea de producción con botellas de 0.5 L.....	45
TABLA XXXII. Capacidad de producción teórica de la línea de producción con botellas de 1 L.....	45
TABLA XXXIII. Capacidad de producción teórica de la línea de producción con botellas de 0.5 L.....	45
TABLA XXXIV. Factor vs Alternativa de distribución.....	46
TABLA XXXV. Juicio verbal de preferencia.....	47
TABLA XXXVI. Escala de calificación de la matriz preferencia.....	48
TABLA XXXVII. Pasos SMED.....	52
TABLA XXXVIII. Área para Administración.....	53
TABLA XXXIX. Área para producción.....	53
TABLA XL. Área para almacenamiento.....	53
TABLA XLI. Código de acercamiento según la importancia del departamento.....	55
TABLA XLII. Razones de cercanía entre departamentos.....	55
TABLA XLIII. Simbología para cada código de cercanía.....	56
TABLA XLIV. Puntaje relación de cercanía.....	57
TABLA XLV. Tiempos del Proceso Actual.....	64
TABLA XLVI. Tiempos del Proceso Propuesto.....	65
TABLA XLVII. Datos del sistema actual de 1L.....	66
TABLA XLVIII. Datos del sistema propuesto de 1L.....	67
TABLA XLIX. Datos del sistema actual de 0,5L.....	67
TABLA L. Datos del sistema propuesto de 0,5L.....	68
TABLA LI. Tabla resumen de cotizaciones de compra de las máquinas.....	71
TABLA LII. Flujo de caja neto del proyecto.....	72
TABLA LIII. Indicadores Financieros pesimista.....	72
TABLA LIV. Indicadores Financieros optimista.....	72
TABLA LV. Propuesta realizada por SANTECHS.....	73
TABLA LVI. Propuesta realizada por estudiantes de Proyecto de Diseño.....	73
TABLA LVII. Anexos.....	78

Índice de Figuras

Figura I. Alternativas de enfoque del proyecto.....	6
Figura II. Matriz poder – interés.....	9
Figura III. Matriz poder-interés de los grupos de interés del proyecto.....	10
Figura IV. Matriz poder-influencia de los grupos de interés del proyecto.....	11
Figura V. Matriz impacto- influencia de los grupos de interés del proyecto.....	11
Figura VI. Pronóstico de demanda de botellas de agua de 1L CRISTAL y Brisa.....	18
Figura VII. Pronóstico de demanda de botellas de agua de 0.5L CRISTAL y Brisa.....	19
Figura VIII. Línea de embotellado.....	21
Figura IX. Fórmula matemática para encontrar la muestra del estudio.....	22
Figura X. Cantidad de encuestados por categoría.....	24
Figura XI. Intención de compra de botellas de agua.....	24
Figura XII. Frecuencia de consumo de botellas con agua.....	25
Figura XIII. Diagrama de redes de suministro.....	25
Figura XIV. Diagrama de redes de distribución.....	26
Figura XV. Diagrama de Pareto cantidad de botellas con agua vendidas de las presentaciones 1L y 0.5L sin gas y con gas.....	27
Figura XVI. Pronóstico de la demanda de botellas de agua de 1L de la marca CRISTAL Y BRISA en el año 2022.....	27
Figura XVII. Pronóstico de la demanda de botellas de agua de 0.5L de la marca CRISTAL Y BRISA en el 2022.....	28
Figura XVIII. Estadística descriptiva de la demanda de botellas de agua de 1L de la marca CRISTAL Y BRISA.....	28
Figura XIX. Estadística descriptiva de la demanda de botellas de agua de 0.5L de la marca CRISTAL Y BRISA.....	29
Figura XX. Diagrama de flujo - Planta de embotellado.....	32
Figura XXI. Bill of material (BOM) Lista de materiales para botellas de 1 lt con agua sin gas.....	34
Figura XXII. Bill of material (BOM) Lista de materiales para botellas de 1 lt con agua con gas.....	34
Figura XXIII. Bill of material (BOM) Lista de materiales para botellas de 0,5 lt con agua sin gas.....	35
Figura XXIV. Bill of material (BOM) Lista de materiales para botellas de 0.5 lt con agua con gas.....	35
Figura XXV. Matriz de comparación por pares.....	47
Figura XXVI. Matriz de preferencias para la selección de Productos/Servicios.....	48
Figura XXVII. Cursograma Analítico botellas 1 lt.....	49
Figura XXVIII. Cursograma Analítico botellas 0,5 lt.....	50
Figura XXIX. Diagrama Hombre-Máquina.....	51
Figura XXX. Matriz de relaciones propuesta 1.....	55
Figura XXXI. Simbología de actividades.....	56
Figura XXXII. Diagrama relacional de actividades de la propuesta 1.....	56
Figura XXXIII. Planteamiento de primera alternativa obtenida por CORELAP.....	57
Figura XXXIV. Ordenación de los departamentos por importancia obtenida por CORELAP.....	58
Figura XXXV. Representación gráfica de la propuesta #1 obtenida por CORELAP.....	58

Figura XXXVI. Matriz de relaciones propuesta 2.....	58
Figura XXXVII. Diagrama relacional de actividades para propuesta 2.....	59
Figura XXXVIII. Planteamiento de segunda alternativa obtenida por CORELAP.....	59
Figura XXXIX. Ordenación de los departamentos por importancia obtenida por CORELAP.....	60
Figura XL. Representación gráfica de la propuesta #2 obtenida por CORELAP.....	60
Figura XLI. Diagrama de recorrido según la distribución de sus áreas.....	61
Figura XLII. Orden procesos dentro del diagrama de recorrido según la distribución de sus áreas.....	61
Figura XLIII. Ejemplos de distribución de las maquinas.....	62
Figura XLIV. Prototipo planta de embotellado – Laboratorio de recursos hídricos.....	63
Figura XLV. Simulación Arena planta de embotellado - Actual.....	64
Figura XLVI. Simulación Arena planta de embotellado – Propuesto.....	65
Figura XLVII. Histograma de utilización de las máquinas de la planta – proceso actual de embotellado 1L.....	66
Figura XLVIII. Histograma de utilización de las máquinas de la planta – proceso propuesto de embotellado 1L.....	67
Figura XLIX. Histograma de utilización de las máquinas de la planta – proceso actual de embotellado 0,5L.....	68
Figura L. Histograma de utilización de las máquinas de la planta – proceso propuesto de embotellado 0,5L.....	69

I.PROJECT CHARTER

Para revisar el plan de trabajo y los indicadores de desempeño considerado en el proyecto, dirigirse al Project Charter completo que se encuentra en el Anexo 1.

Descripción (<i>Business case</i>)	Planteamiento del problema (<i>Problem statement</i>)		
Describe un proyecto propuesto por la Facultad de Ingeniería y Ciencias para establecer un laboratorio de manufactura enfocado en una línea de embotellado de agua. Se busca tanto su uso académico como su viabilidad económica a través de la venta de agua embotellada dentro de la universidad. Se destaca la necesidad de diseñar la distribución de la planta de embotellado y se menciona la importancia de seleccionar una ubicación adecuada, aplicando conceptos de ingeniería industrial y cumpliendo con las normativas pertinentes.	La oportunidad clave en este proyecto radica en la distribución de la planta de embotellado. La ubicación seleccionada debe cumplir con requisitos específicos, incluyendo dimensiones adecuadas para las máquinas, pasillos, almacenamiento de insumos y botellas de agua. Se deben considerar condiciones externas, como el estado de las vías de distribución, y condiciones internas, como la seguridad y el flujo de personal y materiales. Además, se deben cumplir con las leyes y normativas pertinentes para la certificación y producción de las botellas de agua.		
Impacto de los actores (<i>Stakeholder's business needs</i>)	Restricciones	Especificaciones	Marco legal
Grupos de interés del proyecto: 1. Comunidad de la Pontificia Javeriana Cali: - Personal administrativo - Facultad de Ciencia e Ingeniería - Directivos de la Compañía de Jesús - Colaboradores - Estudiantes de pregrado, maestría y especialización 2. Equipo del Proyecto: - Grupo estudiantil encargado de la distribución y localización de la planta. 3. Sector Industrial: - Proveedores de materia prima (envase, tapa, cinta, tinta, cajas). 4. Ministerio de Salud: - Velador del cumplimiento de normas de salubridad en la ubicación de la planta. 5. INVIMA: - Controlador de calidad del producto (botellas con agua) a embotellar. 6. DAGMA: - Garante del cumplimiento de disposiciones ambientales para el desarrollo sostenible. 7. Organización SANTECHS: - Ejecución, instalación y construcción de la línea de embotellamiento.	Suministro y calidad de agua potable. Grupos de interés. Requerimientos mínimos de demanda de materias primas. Demanda de botellas con agua (producto final). Cantidad de operarios. Turnos de trabajo. Factores ambientales por considerar	Caudal de agua Almacenamiento de materia prima y producto terminado Producción de botellas con agua Medidas de la línea Capacidad de la línea	Ley 09 de 1979 Resolución 12186 de 1991 Decreto 2333 de 1982 Resolución 2115 de 2007 Resolución 2674 de 2013 Resolución 1023 de 2010 Normas internacionales de alimento CXS 227 – 2001 Normas internacionales de alimentos CXC 48 - 2001

Objetivo general (*Goal statement*)

Diseñar el sistema de distribución de planta de embotellado de agua en la Pontificia Universidad Javeriana mediante la metodología SLP (Systematic Layout Planning) con fines académicos

Objetivos específicos (*Project scope*)

- Diagnosticar el sistema de planta de embotellamiento de agua, mediante la recolección de información, enfatizando las buenas prácticas.
- Analizar las técnicas y procesos de la planta de embotellamiento para identificar las áreas de mejora mediante la evaluación de los datos recolectados
- Diseñar la distribución de la planta de embotellado para aprovechar eficientemente el espacio físico mediante el uso de herramientas para el análisis de flujo de materiales, áreas funcionales y disposición física.
- Validar el diseño de distribución de planta mediante el uso de herramientas computacionales.

II.DEFINIR

A. Contexto y Justificación (*¿por qué?*)

La Pontificia Universidad Javeriana Cali, ubicada en Cl. 18 #118-250, Barrio Pance, Cali, Valle del Cauca, concretamente la Facultad de Ingeniería y Ciencias, no cuenta con un espacio académico en los que el estudiante pueda desarrollar conocimiento y habilidades en áreas como producción, calidad, cadena de suministro...etc., mediante actividades prácticas que simulen un proceso productivo. Estos espacios otorgarían un gran aporte en cuanto a mejorar las habilidades prácticas de los estudiantes de los programas de Ingeniería y Ciencias. Como menciona Silvia Bleichmar: “Una práctica sin teoría deja a la gente totalmente desprotegida para pensar y una teoría sin práctica nos deja limitados a desconocer si hay alguna verdad o no en la formulación de los planteamientos” [1].

Por eso, la Facultad desea desarrollar un proyecto para diseñar un laboratorio que simule una planta de embotellado de agua que le brinde a la Universidad desde el punto de vista académico, un espacio en el que se puedan realizar actividades prácticas (laboratorios experimentales), enfocados a los diferentes programas de ingeniería, así mismo desde el punto de vista económico, se espera que la planta pueda generar ingresos, es decir, que el producto final (Agua embotellada) pueda venderse al interior de la Universidad, como por ejemplo en la tienda principal “Mercadería”, máquinas expendedoras de alimentos y locales comerciales, esto con la finalidad de ser financieramente sostenible, es decir que los ingresos contribuyen a disminuir los costos de operación, específicamente, en la compra de materias primas, repuestos y mantenimiento de las máquinas. La Figura I, es la representación gráfica de lo que se quiere lograr con el proyecto.



Figura I. Alternativas de enfoque del proyecto.

B. Grupos de interés (¿Quiénes son los actores interesados?)

En el proyecto de la planta de embotelladora de agua, se identificaron los actores y grupos interesados en desarrollarlo y que se involucran directa e indirectamente, positiva o negativamente. Se considera importante la identificación de estos grupos de interés para hacer un acercamiento a ellos y reconocer sus expectativas y requerimientos. Además de su identificación, se describe la función de cada uno de ellos y su participación e influencia.

Grupos de interés del proyecto:

- Comunidad de la Pontificia Universidad Javeriana Cali: son todas las personas que están vinculadas a la Universidad de forma directa, este grupo se divide en:
 - Personal administrativo: son las personas encargadas de gestionar la parte administrativa empresarial de la Pontificia Universidad Javeriana Cali.
 - Facultad de Ciencia e Ingeniería: es la promotora de la realización del proyecto de la planta de embotellado.
 - Directivos de la compañía de Jesús: son los altos cargos que dirigen la universidad.
 - Colaboradores: son las personas que están a disposición de brindar un servicio en la universidad, aseadores, jardineros, laboratoristas, empleados de cafeterías.
 - Estudiantes de pregrado, maestría y especialización, son las personas que están dentro del Campus y hace uso de él constantemente.
- Equipo proyecto: Grupo estudiantil encargado de realizar la distribución y localización de la planta aplicando los conceptos académicos aprendidos durante la carrera.
- Sector Industrial: Es el sector en donde están ubicados los proveedores de la materia prima correspondiente al envase, tapa, cinta, tinta y cajas; los cuales van a ser los encargados de suministrar dichos insumos a la planta de embotellado.
- Ministerio de Salud: Se encargan de velar por cumplir las normas de salubridad en el espacio donde estará la planta de embotellado.
- Invima: Entidad encargada de vigilar y controlar la calidad de los productos, en este caso, la calidad del producto (botellas con agua) que se va a embotellar.

- **DAGMA:** Es el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente, que velará porque en la implementación del proyecto se cumpla con las disposiciones necesarias para la gestión del medio ambiente y los recursos naturales y con ello garantizar su desarrollo sostenible.
- **Organización SANTECHS:** encargados en ejecutar el proyecto, instalación y ensamble de la línea de embotellamiento.

Además de identificar los grupos de interés, en la Tabla I se aplica el método de la matriz poder/interés. Este método consiste en asignar una calificación a cada grupo de interés según los criterios mencionados, para evaluar su impacto y participación en el proyecto. De acuerdo con esto, se evalúan los grupos de interés previamente descritos, indicando inicialmente el nombre del interesado en el proyecto y clasificándolo como interno o externo. Los interesados internos son aquellos que trabajan directamente en la organización contratista para la ejecución del proyecto, el ejecutor del proyecto y la unidad académica responsable de su diseño. Estos interesados internos están representados por empleados, gerentes y dueños.

Para que sean considerados externos, se tienen en cuenta personas o grupos que no están relacionados directamente con el proyecto, pero que tienen interés e influencia en él. Ejemplos de estos interesados externos son accionistas, entes gubernamentales, proveedores o subcontratistas, grupos de la sociedad (asociaciones civiles), clientes y acreedores.

Después, se clasifica la postura actual y la deseada del interesado frente al proyecto en una escala de 1 a 5, donde el nivel 1 corresponde a "desconocedor" y se define como el interesado que no tiene conocimiento del proyecto ni de su implicación, es decir no muestra interés ni está al tanto de los objetivos, metas o actividades del proyecto. El nivel 2 corresponde a "reticente" y se define como el interesado que conoce el proyecto, pero muestra resistencia u oposición hacia él, en otras palabras, puede tener dudas, preocupaciones o estar en desacuerdo. El nivel 3 corresponde a "neutral" y se define como el interesado que está al tanto del proyecto, pero no tiene una opinión fuerte a favor o en contra, ósea no muestra resistencia, pero tampoco apoyo activo. El nivel 4 es "partidario" y se define como el interesado que apoya el proyecto y está dispuesto a contribuir positivamente. El nivel 5 corresponde a "líder" y se define como el interesado que no solo apoya el proyecto, sino que toma un rol activo en su liderazgo, es un defensor fuerte, impulsa las iniciativas y motiva a otros a participar, estando comprometido a asegurar su éxito.

Luego se pasa a la evaluación del interesado, referida a una escala de 1 a 10, donde el nivel de involucramiento mide qué tan activamente puede participar un interesado en el desarrollo del proyecto. La cuantificación se basa de la siguiente forma:

- Valores 1 y 2 representan muy bajo involucramiento; el interesado apenas participa en el proyecto y tiene un conocimiento mínimo.
- Valores 3 y 4 representan bajo involucramiento; el interesado tiene conocimiento del proyecto y participa esporádicamente.
- Valores 5 y 6 representan moderado involucramiento; el interesado participa regularmente en las actividades del proyecto y tiene un buen entendimiento de los objetivos.
- Valores 7 y 8 representan alto involucramiento; el interesado está comprometido con el proyecto y participa activamente en la toma de decisiones.
- Valores 9 y 10 representan muy alto involucramiento; el interesado está completamente integrado en el proyecto, influye en todas las decisiones clave y está comprometido al éxito del proyecto.

El nivel de influencia es el grado en que el interesado afecta positiva o negativamente el resultado o éxito del proyecto. Su cuantificación se basa en la siguiente escala:

- Valores 1 y 2 representan muy baja influencia; las acciones o decisiones del interesado tienen un impacto mínimo en el proyecto.
- Valores 3 y 4 representan baja influencia; el interesado tiene alguna capacidad de influir, pero su impacto es limitado.
- Valores 5 y 6 representan moderada influencia; el interesado puede afectar el proyecto de manera significativa en ciertas áreas.
- Valores 7 y 8 representan alta influencia; el interesado tiene una gran capacidad para afectar el éxito del proyecto, y sus decisiones son cruciales en varios aspectos.
- Valores 9 y 10 representan muy alta influencia; el interesado tiene un control considerable sobre el proyecto, y sus decisiones pueden determinar el éxito o fracaso de este.

El nivel de impacto se refiere al grado en que el interesado puede verse afectado positiva o negativamente por el éxito o fracaso del proyecto. La cuantificación se basa en la siguiente escala:

- Valores 1 y 2 representan muy bajo impacto; las acciones o decisiones del proyecto tienen un efecto mínimo en el interesado.
- Valores 3 y 4 representan bajo impacto; ciertos aspectos pueden influir en el interesado, pero su impacto general es limitado.
- Valores 5 y 6 representan moderado impacto; el interesado puede verse afectado significativamente en áreas específicas.
- Valores 7 y 8 representan alto impacto; el interesado tiene la capacidad de influir considerablemente en el éxito o fracaso del proyecto a través de sus decisiones y acciones.
- Valores 9 y 10 representan muy alto impacto; el proyecto tiene un efecto profundo en el interesado, con cambios drásticos que alteran significativamente su situación y pueden afectar de manera crítica sus intereses. (Ver Anexo 2).

En la Tabla I se pueden observar cada uno de los grupos de interés del proyecto, su clasificación, las posturas actuales y las deseadas, así como los valores asignados a cada grupo de interés según los diferentes niveles evaluados. Los valores se asignaron conforme a las descripciones previas de cada nivel. Esta información es fundamental para gestionar estrategias que permitan involucrar positivamente a los grupos de interés.

TABLA I. Evaluación grupo de interés

Información de identificación	Clasificación de los interesados (1 a 5)			Evaluación de los interesados (1 a 10)			
	Internos / Externos	Postura Actual	Postura Deseada	Interés (Nivel de Involucramiento)	Nivel de Influencia	Nivel de Impacto	Poder (Nivel de Autoridad)
Personal administrativo	Externo	3	5	1	1	5	1
Facultad de Ciencia e Ingeniería	Interno	5	5	8	10	10	10
Directivos de la compañía de Jesús	Interno	1	5	10	10	10	10
Colaboradores	Externo	3	5	1	1	5	1
Estudiantes	Externo	3	5	5	5	10	5
Equipo de proyecto	Interno	5	5	10	7	10	7
Sector Industrial (proveedor)	Externo	4	5	8	5	5	3
Ministerio de Salud	Externo	3	5	8	8	5	8
Invima	Externo	3	5	7	7	5	9
DAGMA	Externo	3	5	7	7	5	7

En la Tabla II, se muestran los nombres de los grupos de interés con su respectivo identificador, teniendo en cuenta evaluación del poder con respecto a cada uno de los niveles (interés, influencia, impacto).

TABLA II. Grupos de interesados y su identificador

Identificador	Nombre
PA	Personal administrativo
FC	Facultad de Ciencia e Ingeniería
DJ	Directivos de la compañía de Jesús
C	Colaboradores
E	Estudiantes
EQ	Equipo de proyecto
SIP	Sector industrial (proveedor)
MIN	Ministerio de salud
INV	Invima
DM	DAGMA

En la Figura II, se muestra la matriz poder – interés, la cual es la herramienta de análisis que se utiliza para identificar y clasificar a los individuos o grupos que pueden afectar o ser afectados por un proyecto, iniciativa o decisión. La matriz se basa en dos dimensiones:

- Poder: La capacidad que tiene un grupo de interés para influir en el proyecto o iniciativa. Esta influencia puede provenir de su autoridad, recursos, conocimiento o posición jerárquica.
- Interés: El nivel de preocupación o involucramiento que tiene un grupo de interés con el proyecto o iniciativa. Este interés puede estar motivado por razones económicas, sociales, ambientales o personales.

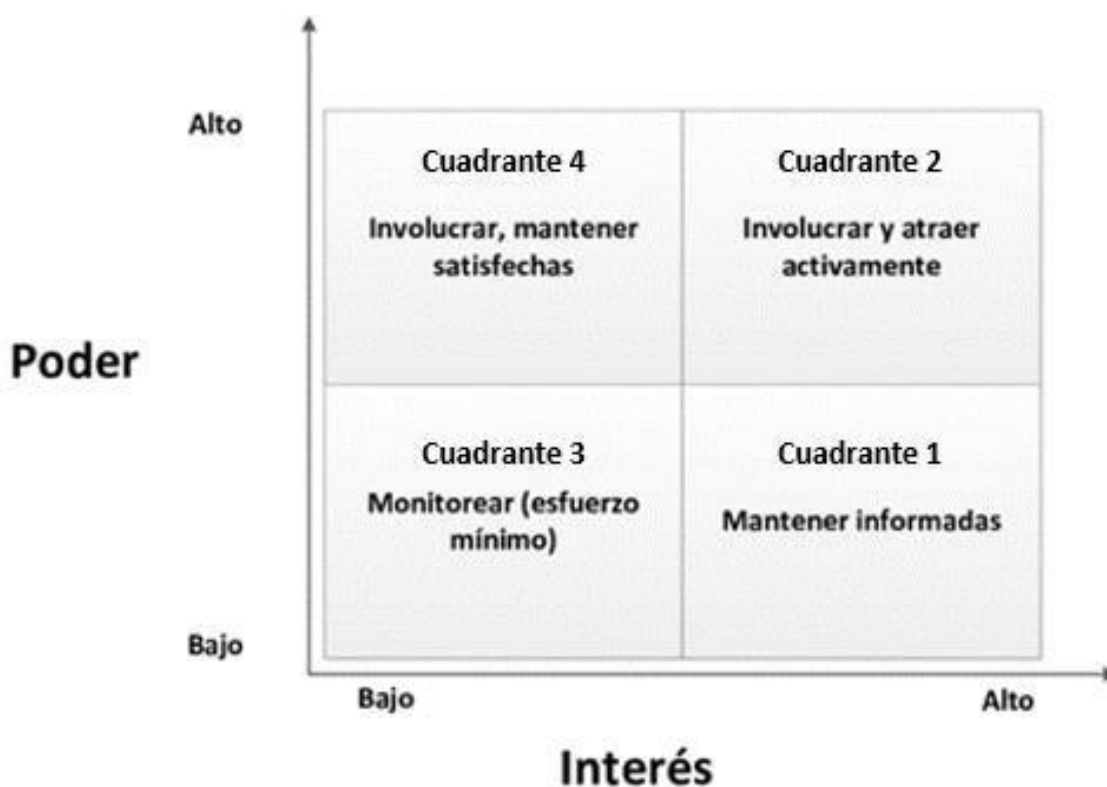


Figura II. Matriz poder –interés. [2]

Al combinar estas dos dimensiones, la matriz poder – interés se divide en cuatros cuadrantes, las cuales se explican de la siguiente forma:

- Primer cuadrante: Existe alto interés con bajo poder, o sea, un alto nivel de interés en el proyecto, pero la capacidad de cambios en el proyecto es baja, por lo que hay que mantenerlos informados.
- Segundo cuadrante: Existe alto interés con alto poder, por lo cual tienen un alto nivel de participación en el proyecto y alta capacidad de realizar cambios, por ello hay que involucrarse y atraer activamente.
- Tercer cuadrante: Existe un bajo interés con bajo poder, por lo cual tienen un bajo nivel de participación y su capacidad de realizar cambios es baja, se deben monitorear.
- Cuarto cuadrante: Existe un bajo interés con alto poder, por lo cual tienen un nivel bajo de participación, su capacidad de realizar cambios en el proyecto es alta, se debe involucrar y mantener satisfechos.

De acuerdo con lo anterior, las matrices de poder-interés, poder-influencia e impacto-influencia permiten identificar la ubicación de cada punto en los cuadrantes correspondientes.

La matriz de poder-interés es especialmente importante porque evidencia la posición y los actores del proyecto con los que se deben implementar estrategias para involucrarlos o, en su caso, mantenerlos involucrados, reconociendo además su poder en el proyecto.

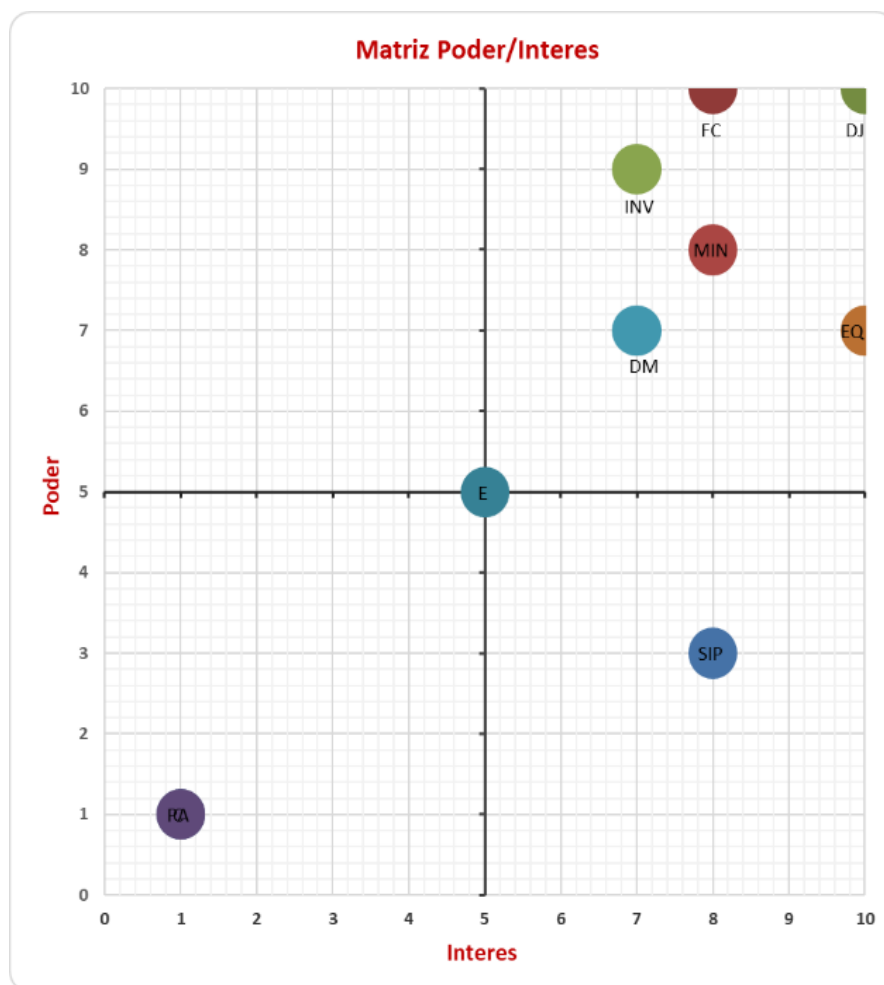


Figura III. Matriz poder-interés de los grupos de interés del proyecto.

De la Figura III, se puede interpretar que:

- Las partes interesadas, como los organismos gubernamentales el INVIMA (INV), Ministerio de Salud (MIN), DAGMA (DM), los directivos universitarios como la Compañía de Jesús (DJ), Facultad de Ingeniería y Ciencias (FC), y el mismo equipo del proyecto (EQ), tienen un alto poder y un alto interés en el proyecto. Es crucial mantener una relación cercana

con ellos y gestionar activamente sus necesidades y expectativas. Estos actores deben estar muy involucrados en el proceso de toma de decisiones.

- El sector industrial (SIP) como parte interesada tiene un alto interés en el proyecto, pero un poder relativamente bajo, por lo tanto, es importante mantenerlos informados sobre el progreso del proyecto y asegurarse de que sus inquietudes sean consideradas, aunque no necesariamente deben ser parte de las decisiones estratégicas.
- El personal administrativo como parte interesada tiene tanto bajo poder como bajo interés en el proyecto, por esto deben ser monitoreados ocasionalmente para asegurarse de que sus posiciones no cambien, pero no requieren una gestión activa intensa.
- Los estudiantes como parte involucrada del proyecto, se encuentra en el centro de la matriz, es decir con poder e interés moderados. Es importante mantener un equilibrio en la comunicación y la gestión de esta parte interesada, ya que su posición puede cambiar y volverse más influyente o interesada.

En la matriz poder – influencia permite comprender mejor quiénes son los actores clave y cómo pueden influir en el resultado deseado para poder realizar estrategias y así gestionar sus expectativas y maximizar su apoyo en la realización del proyecto.

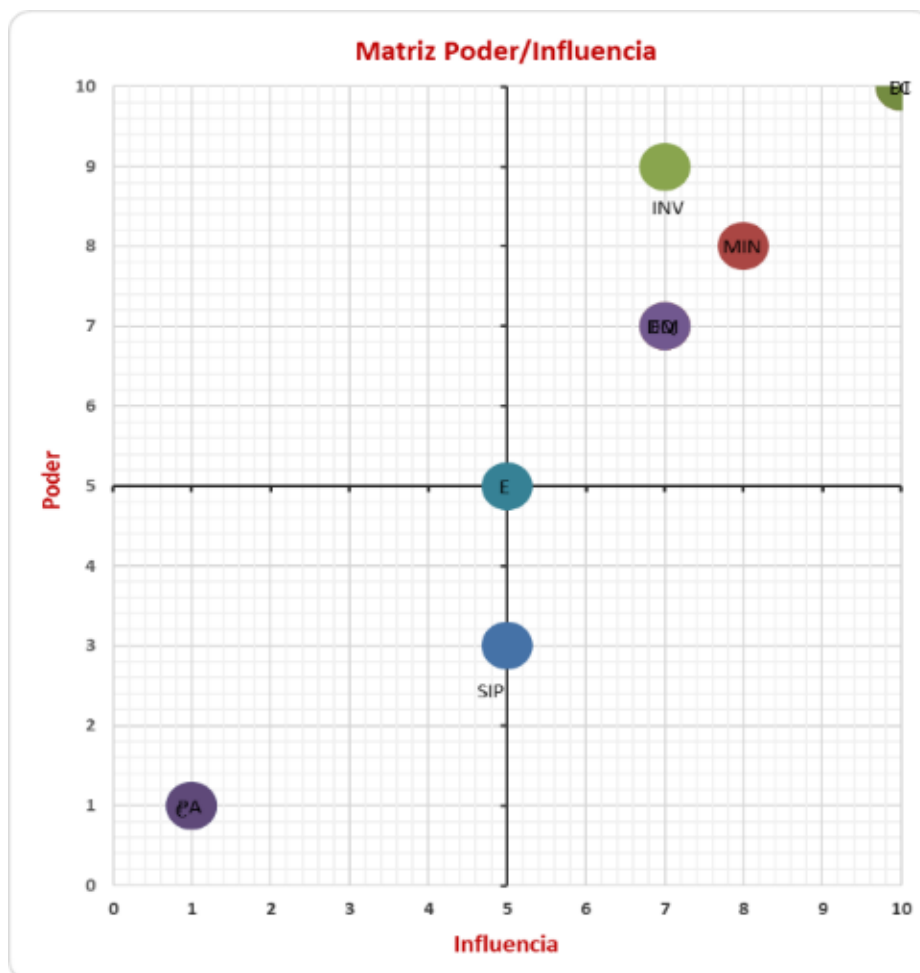


Figura IV. Matriz poder-influencia de los grupos de interés del proyecto.

De la Matriz Poder-Influencia se puede interpretar:

- Organismos gubernamentales como el Invima (INV), Ministerio de salud (MIN), DAGMA (DM), directivos universitarios como la Compañía de Jesús (DJ), Facultad de Ingeniería y Ciencias (FC) y el mismo equipo del proyecto (EQ) como partes interesadas del proyecto tienen tanto un alto poder como una alta influencia sobre el proyecto. Es esencial mantener una relación muy cercana y gestionarlas activamente, ya que deben estar muy involucradas en las decisiones clave y en el desarrollo del proyecto.
- El sector industrial (SIP) como parte interesada se encuentra con poder moderado y baja influencia, es decir, que pueden afectar el proyecto hasta cierto punto, pero no tienen la máxima autoridad o control sobre las decisiones clave, de la misma forma, pueden afectar a otros actores o tener una participación considerable en ciertos aspectos del proyecto, pero no son los principales influenciadores, por lo tanto mantener una buena comunicación y asegurarse de que están involucrados en los momentos adecuados ayudará a aprovechar su poder moderado y asegurar que su influencia sea positiva para el proyecto.
- El personal administrativo (PA) como parte interesada tiene tanto bajo poder como baja influencia en el proyecto, por lo tanto, deben ser monitoreados ocasionalmente para asegurar que sus posiciones no cambien, pero no requieren una gestión activa intensa.
- Los estudiantes (E) como parte interesada tienen un poder e influencia moderados. Es importante mantener un equilibrio en la comunicación y gestión de esta parte, ya que su posición puede cambiar y volverse más influyente o poderosa.

La matriz impacto-influencia es útil para identificar a los actores que tienen la capacidad de influir en el desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta el impacto que la ejecución del proyecto les genera. Esta matriz es importante porque permite comprender cómo las acciones del proyecto afectan a los diferentes actores involucrados y cómo estos pueden influir en el éxito general del proyecto.

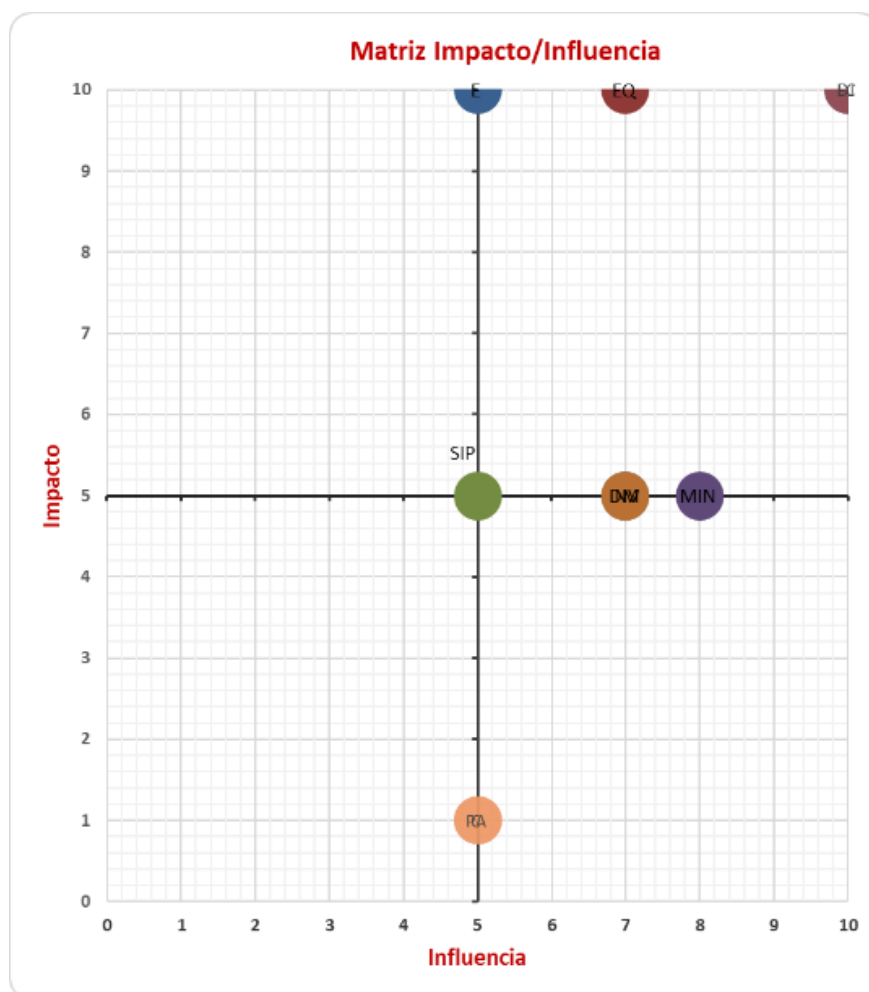


Figura V. Matriz impacto- influencia de los grupos de interés del proyecto.

En el dinámico panorama de un proyecto o situación, la matriz de impacto-influencia se presenta como una herramienta de análisis estratégico indispensable para identificar y evaluar a los actores clave (grupos de interés). Esta brújula permite reconocer a todos los individuos, grupos, organizaciones e instituciones que pueden influir en el desarrollo del proyecto o la situación. Además, brinda la posibilidad de analizar el nivel de influencia que posee cada actor, considerando factores como recursos, autoridad, legitimidad y capacidad de movilización.

Con base en esta evaluación, la matriz facilita la creación de estrategias personalizadas para involucrar a cada actor de manera adecuada, teniendo en cuenta sus intereses y su potencial de impacto. De esta forma, se asegura que la toma de decisiones priorice las acciones necesarias para gestionar eficientemente a los actores clave.

C. Requerimientos

En esta sección crucial se definen las necesidades y expectativas específicas que debe cumplir el proyecto, para esto se abarcan las definiciones de los requerimientos, es decir, sus funcionalidades y limitaciones del proyecto, su clasificación (obligatorios y deseables) y su documentación (descripciones precisas).

1) Restricciones de diseño (Factibilidad)

El éxito de una planta embotelladora de agua depende de diversos factores, entre ellos los intereses de las partes interesadas y el funcionamiento eficiente de la planta misma. Un elemento crucial es el suministro de agua para la producción, actualmente se cuenta con un caudal de 3,72 litros por segundo [3], de agua que debe pasar por estrictos procesos de potabilización para cumplir con la Resolución 12186 de 1991, que establece las condiciones sanitarias para la obtención y comercialización del agua potable. Esto debido a que el agua embotellada se considera un alimento de alto riesgo epidemiológico por su potencial para albergar microorganismos dañinos.

La Resolución 12186 describe las características físicas del agua potable, que incluyen la ausencia de color, olor y turbidez, además de mantener niveles adecuados de pH y sólidos totales. Estos parámetros garantizan que el agua esté libre de impurezas, contaminantes y microorganismos que puedan causar enfermedades. Por otra parte, estas características físicas también influyen en el sabor, la apariencia y la experiencia general del consumidor. La Tabla III presenta las condiciones adecuadas para el agua embotellada, definiendo el valor máximo permitido como el límite legal o establecido que define la cantidad máxima de una sustancia, característica o parámetro físico, químico o biológico que puede estar presente en un medio, producto o proceso determinado.

TABLA III. Condiciones físicas del agua envasada apta para consumo en Colombia.

<i>Características</i>	<i>Expresadas en</i>	<i>Valor máximo permitido</i>
<i>Color</i>	<i>Unidades Platino Cobalto UPC</i>	<i>15</i>
<i>Olor y sabor</i>	<i>Inobjetable</i>	
<i>Turbiedad</i>	<i>Unidades Nefelométricas</i>	<i>2</i>
<i>Sólidos totales</i>	<i>Mg/L</i>	<i>200</i>
<i>pH</i>	<i>6.5-9.0</i>	

Fuente: Resolución 12186 de 1991[9]

Asimismo, también se establecen las características químicas del agua embotellada, que menciona la composición molecular y la presencia de sustancias disueltas en ella. Estas características determinan la calidad del agua en términos de su potabilidad, sabor y posibles efectos en la salud. La Tabla IV presenta las condiciones químicas que debe cumplir el agua envasada para ser considerada apta para consumo humano en Colombia, en vista de que establece un valor máximo permitido para cada parámetro químico, expresado en miligramos por litro (mg/LT).

TABLA IV. Condiciones químicas del agua envasada apta para consumo en Colombia.

<i>Características</i>	<i>Expresadas como</i>	<i>Valor máximo permitido Mg/LT</i>
<i>Aluminio</i>	<i>Al</i>	<i>0.2</i>
<i>Arsénico</i>	<i>As</i>	<i>0.05</i>
<i>Bario</i>	<i>Ba</i>	<i>1.0</i>
<i>Boro</i>	<i>B</i>	<i>1.0</i>
<i>Cadmio</i>	<i>Cd</i>	<i>0.005</i>
<i>Cianuros</i>	<i>CN</i>	<i>0.1</i>
<i>Cobre</i>	<i>Cu</i>	<i>1.0</i>
<i>Cromo</i>	<i>Cr + 6</i>	<i>0.05</i>
<i>Fenoles</i>	<i>Fenol</i>	<i>0.001</i>
<i>Mercurio</i>	<i>Hg</i>	<i>0.001</i>
<i>Nitritos</i>	<i>NO2</i>	<i>0.1</i>
<i>Nitratos</i>	<i>NO3</i>	<i>15.0</i>
<i>Plata</i>	<i>Ag₋</i>	<i>0.05</i>
<i>Plomo</i>	<i>Pb</i>	<i>0.01</i>
<i>Selenio</i>	<i>Se</i>	<i>0.01</i>
<i>Sustancias Activas</i>		
<i>Al Azul de Metileno</i>	<i>ABS, ALS</i>	<i>0.5</i>
<i>Grasas y Aceites</i>	<i>Grasas y Aceites</i>	<i>No detectable</i>
<i>Cloruros</i>	<i>Cl-3</i>	<i>250</i>

<i>Dureza Total</i>	<i>CaCO</i>	<i>150</i>
<i>Hierro Total</i>	<i>Fe</i>	<i>0.3</i>
<i>Magnesio</i>	<i>Mg o CaCO3</i>	<i>36</i>
<i>Manganeso</i>	<i>Mn</i>	<i>0.1</i>
<i>Sulfatos</i>	<i>SO4</i>	<i>250</i>
<i>Sodio</i>	<i>Na</i>	<i>200</i>
<i>Cinc</i>	<i>Zn</i>	<i>5.0</i>

Fuente: Resolución 12186 de 1991[9]

La cloración es un método de desinfección esencial para el tratamiento del agua potable, puesto que elimina microorganismos patógenos como bacterias, virus y protozoos que pueden causar enfermedades como el cólera, la disentería y la hepatitis A. La Tabla V muestra los límites mínimos y máximos aceptables para el cloro residual libre y total en el agua potable tras el proceso de cloración para garantizar la calidad microbiológica del agua y proteger la salud pública.

TABLA V. Desinfección por cloración.

	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Cloro residual libre</i>	<i>0,5 mg/lit</i>	<i>1.0 mg/lit</i>
<i>Cloro total</i>	<i>0.6 mg/lit</i>	<i>1.2 mg/lit</i>

Fuente: Resolución 12186 de 1991[9]

La desinfección con ozono es un método efectivo para eliminar microorganismos del agua y garantizar su calidad microbiológica que inactiva y previene la proliferación de microorganismos patógenos, como bacterias, virus, hongos y protozoos. La Tabla VI presenta las condiciones de desinfección con ozono que debe cumplir el agua envasada para ser considerada apta para consumo humano en Colombia, ya que establece un valor máximo permitido para el ozono, expresado en miligramos por litro (mg/LT).

TABLA VI. Desinfección con Ozono.

	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Ozono</i>	<i>0.2 mg/lit</i>	<i>0.5 mg/lit</i>

Fuente: Resolución 12186 de 1991[9]

No cumplir con los límites establecidos en las características físicas y químicas durante la purificación del agua acarrea graves consecuencias. Se corre el riesgo de consumir agua contaminada con microorganismos dañinos o contaminantes químicos o biológicos que pueden representar un riesgo para la salud de quienes consumen el agua. Por lo tanto, es crucial asegurarse de que los valores permitidos en las características físicas y químicas se cumplan durante el proceso de purificación del agua para garantizar su seguridad y calidad.

Otra restricción de diseño en el proyecto son los requisitos y restricciones de los grupos de interés, por eso se realizó una entrevista con los representantes de los grupos para reconocer sus necesidades y comprender sus aspiraciones con el proyecto y conocer su postura actual frente a él. Los requisitos y restricciones de los interesados que se muestran en la Tabla VII, es lo que esperan del proyecto, las restricciones que nos impide crear una mejor solución a la oportunidad encontrada, las especificaciones que alude a la descripción de las características necesarias para el diseño.

TABLA VII. Requisitos y restricciones de los grupos de interés.

GRUPOS DE INTERES	REQUISITOS DE GRUPOS DE INTERES	RESTRICCIONES DE DISEÑO
Personal administrativo	Cumplimiento de los requisitos de tratamiento de agua, que se pueda tener una remuneración económica y el producto pueda tener sabor natural.	N/A
Facultad de Ciencia e Ingeniería	Que se pueda realizar las prácticas estudiantiles sin problema y exista la realización de productos nutricionales.	La línea de producción está diseñada para el embotellamiento de líquidos y el lugar de montaje debe cumplir con las condiciones necesarias para su funcionamiento.
Directivos de la compañía de Jesús	Se tiene iniciativa en dar ejecución a otros proyectos institucionales.	La política ambiental impuesta por la Universidad.
Colaboradores	Que exista una promoción de consumo de agua por parte de la universidad.	El agua que se produzca debe mantener los altos estándares de calidad para su consumo.
Estudiantes	El envase del producto debe de ser de material reciclable y el contenido debe de contener sabor.	Uno de los usos de la línea debe ser para la adquisición de conocimiento (Laboratorio) a través actividades prácticas.
Equipo de proyecto	El contenido debería ser de diferentes sabores, amigable con el medio ambiente.	Debe ser autosostenible financieramente a través de la venta, promoción de la marca o con el fomento de conocimiento a los estudiantes (Cuantificar financieramente el conocimiento).
Sector industrial (proveedor)	Las especificaciones del producto no pueden salirse de los estándares de fabricación.	Los proveedores deben cumplir con los tiempos pactados para la entrega de materias primas.
Ministerio de salud	Se deben cumplir con las siguientes normatividades: <ul style="list-style-type: none"> - Decreto 09 de 1979 (Planta) - Resolución 12186 de 1991 (Agua embotellada) - Decreto 2333 de 1982 	<ol style="list-style-type: none"> 1. El proyecto debe contar con una localización que cuente o se puede adaptar a los requisitos normativos que exige el Ministerio de Vivienda y Salud. 2. El proyecto debe adaptar la localización con condiciones

	(Condiciones sanitarias) - Decreto 2674 de 2013 (Requisitos sanitarios)	sanitarias para la fabricación del producto. 3. El proyecto debe adoptar maquinaria y materias primas que cumplan con la normatividad de calidad del producto terminado (agua embotellada).
Invima	Se debe cumplir con las normatividades impuestas por el Ministerio de Salud, para lograr el Certificado Sanitario del Invima (<i>Ver Tabla Leyes, Normas y Estándares</i>).	Estructuración de un diseño de distribución de planta que cumpla con los requisitos sanitarios en planta y en el proceso productivo.
DAGMA	Se requiere cumplir con los requisitos impuestas por el Decreto 1023 del 2010 para cumplir con la normativa ambiental vigente para la obtención de licencias ambientales, plan de manejo ambiental, permisos, concesiones, y demás autorizaciones ambientales.	Estructuración de plan de manejo ambiental y cumplimiento de las normativas vigentes además de la inscripción al Registro Único Ambiental.

Otra diferente restricción de diseño a tener en cuenta es que el lugar por escoger para la producción de la planta debe seguir la reglamentación impuesta por el decreto 2333 de 1982, que establece las condiciones sanitarias de las fábricas, depósitos y expendios de alimentos; del transporte y la distribución de estos, entre otras disposiciones.

Cumpliendo estas restricciones de diseño vistas en la Tabla VII, se busca que se pueda aprobar o cumplir con el registro sanitario que debe ser expedido por el Invima, encargado de ejecutar las políticas formuladas por el Gobierno en materia de inspección, vigilancia y control sanitario.

Otros factores contemplados:

- Requerimientos mínimos de demanda de materias primas que se necesitan según las especificaciones del material y las presentaciones de 1 litro y 0,5 litros.
- Demanda de botellas con agua (producto final).
- Cantidad de operarios.
- Turnos de trabajo.
- Factores ambientales considerados como la construcción de la planta no debe afectar las fuentes hídricas que estén al interior o exterior de la Universidad, por lo que no debe poner en riesgo humedales, áreas forestales y especies animales del campus.

De igual forma la planta de embotellado debe cumplir con los límites permisibles de exposición del ruido, donde el indicador menciona que para una exposición durante 8 horas o más el ruido de la planta debe ser inferior a 85 decibeles [4]. Finalmente, las restricciones sociales están basadas en el acuerdo N° 617 del Consejo Directivo de la Pontificia Universidad Javeriana (Política Ecológica y Ambiental) [5]. Donde en el artículo segundo “estrategias de la política” mencionan que:

- Propiciar en la comunidad educativa hábitos y comportamientos sostenibles orientados a la preservación del medioambiente.
- Sensibilizar, concientizar y formar a la comunidad educativa para que participe activamente en la gestión ambiental de la Universidad; y desde una Cultura Ciudadana optimice su compromiso por la calidad del entorno universitario.
- Prevenir, reducir y buscar alternativas a los impactos negativos derivados de la actividad universitaria, según los estándares de consumo responsable y uso eficiente de insumos, bienes y servicios, que define la Universidad.
- Favorecer condiciones de producción limpia, en la compra de suministros, la recepción de donaciones, la construcción de infraestructura y la relación con proveedores.

2) Especificaciones de diseño (Características)

Inicialmente, se tiene en consideración el caudal de la quebrada del río Pance que es de 223 lt/min o 3,72 lt/seg [2] y se pretende que suministre agua a la planta de embotellado de forma adecuada según las restricciones medio ambientales de utilización del río impuestas por el CVC, además de esto, se espera que la producción de las botellas con agua producto de los laboratorios satisfaga la demanda de agua embotellada por parte de la comunidad Javeriana Cali. Por lo cual, tiene en cuenta que las botellas

producidas en el laboratorio que vayan dirigidas como producto a vender, se deben almacenar en la Mercadería y distribuir a lo largo de la Universidad, por lo que se considera como restricción la forma y el tamaño de la botella.

En cuanto al almacenamiento se debe conocer la cantidad de botellas PET a almacenar en la bodega de materias primas que se espera definir después de la distribución de planta y la cantidad de producto terminado que puede albergar la bodega de refrigeración de la “Mercadería” como principal cliente y en cuanto a distribución se debe considerar cuántas botellas caben por estiba y cuántas estibas se necesitan para movilizar ese peso; por lo que para el análisis de datos realizado en Excel (Anexo #2), se utilizó la tasa de producción de la máquina de acuerdo con sus especificaciones brindadas por la empresa SANTECHS, además se necesitan por cada lote 60 cajas y en cada caja caben 12 botellas según especificaciones de la empresa CRISTAL para 1L y para 0,5L caben 24 botellas [6]. En el marco del pronóstico de demanda utilizando la base de datos del cliente principal “Mercadería”, se analizaron las ventas de las marcas de agua CRISTAL y Brisa durante el año 2022, las cuales lideraron el mercado en ese período.

Este análisis dio como resultado el gráfico de líneas de las Figuras VI y VII, que visualmente se puede ver que los 2 tipos de presentación de botellas de 1L y 0,5L presentan una tendencia de demanda estable, esto a pesar de algunos pico y variaciones que presentan en cada figura. Lo anterior, se realizó tomando las marcas de agua embotellada con similitud en características del producto, como el tamaño y tipo de botella, de esta manera, se buscaba obtener una estimación precisa de la demanda potencial del nuevo artículo.

El pronóstico para la realización del gráfico se dio mediante el uso de una plantilla de Excel en donde se usa el promedio móvil simple. Resaltando que se trabajó únicamente con los datos del año 2022 que es el único año que tiene los datos de ventas por cada mes completos, se dejó planteado el método para ser actualizado a futuro.

En la Figura VI se observa el comportamiento proyectado de la demanda de botellas de 1L, durante el primer semestre, los meses de marzo y abril del año 2024, el cual se destacan por tener las ventas proyectadas más altas. Esto se debe al alto flujo de personas en la Universidad, incluyendo personal administrativo, profesores, estudiantes, directivos, colaboradores y equipo de proyecto, considerados stakeholders clave. Junio también muestra una proyección alta debido a la presencia de estudiantes y personal externo que participan en eventos universitarios, a pesar del receso académico. Por otro lado, enero y febrero son meses de inicio de semestre, mientras que mayo marca el final de este, resultando en ventas proyectadas más bajas debido al menor flujo de estudiantes, quienes representan la mayoría de los consumidores de agua en comparación con otros grupos de interés.

Para el segundo semestre, julio y agosto del año 2024, muestran bajos niveles de ventas proyectadas al inicio del semestre, al igual que diciembre al finalizarlo, nuevamente debido al menor número de estudiantes en la universidad. Sin embargo, septiembre, octubre y noviembre presentan altas proyecciones de ventas debido al aumento del flujo de personas y a la programación de varios eventos universitarios durante estas fechas.

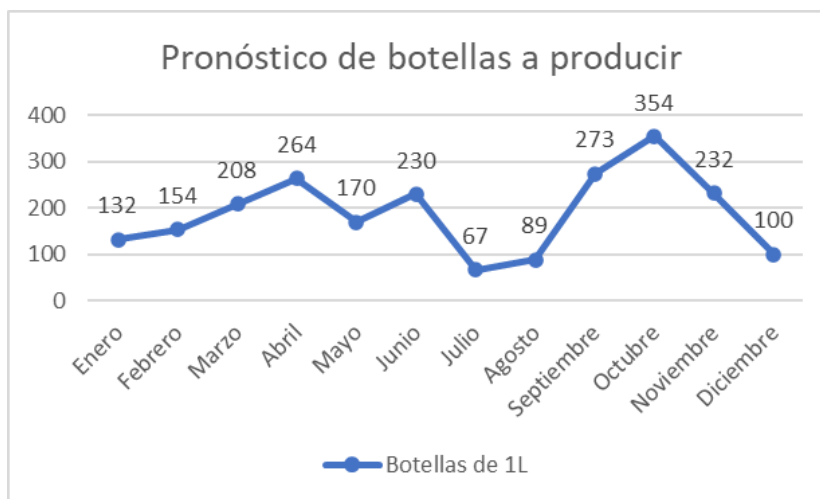


Figura VI. Pronóstico de demanda de botellas de agua de 1L CRISTAL y Brisa.

En la Figura VII se puede observar que la proyección de la demanda para las botellas de 0,5L presenta un comportamiento similar para a la demanda proyectada de las botellas de 1L; Esto debido a que ocurre el mismo escenario con relación al flujo de

ventas durante los 2 semestres, sin embargo, presenta menor dispersión en sus datos y las cantidades proyectadas son aproximadamente el triple de ventas proyectadas en el gráfico anterior.

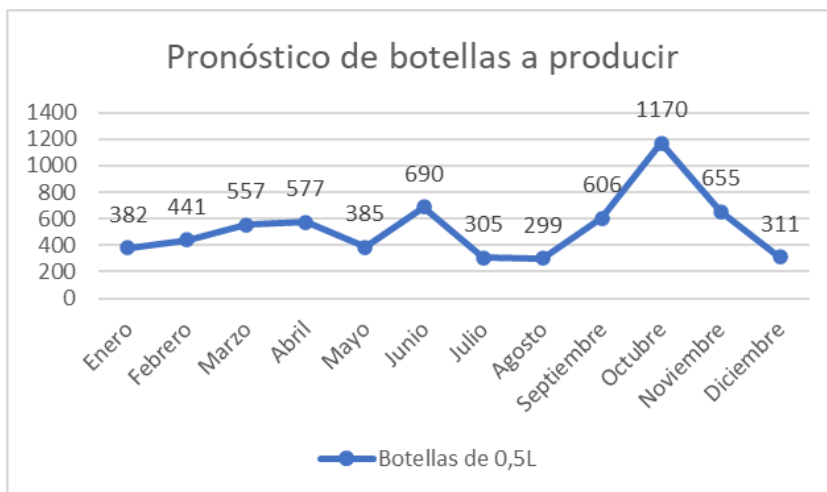


Figura VII. Pronóstico de demanda de botellas de agua de 0.5L CRISTAL y Brisa.

En la Tabla VIII se resumen algunos datos iniciales de producción de las botellas de 1L. Según las especificaciones técnicas, la tasa de producción de la máquina Monoblock proporcionada por la empresa SANTECHS es de 650 botellas por hora, requiriendo 650 litros de agua por hora. Se producen 60 cajas por lote, cada una compuesta por 12 botellas, y se paletizan en lotes de 720 botellas. Esto resulta en un tiempo de producción de 1,11 horas por lote, asumiendo que la operación se realiza a plena capacidad, sin desperdicios ni reprocesos. Se hace la aclaración que para la demanda pronostica de botellas de 1L sin gas y con gas solo se tienen los valores del pronóstico, no se cuentan con faltantes, ni ventas perdidas.

TABLA VIII. Capacidad de producción de la máquina con botellas de 1L

Botellas de 1 L	
Tasa de producción máquina	650 botellas/hr
Litros por hr	650 L/hr
Cajas por lote	60 cajas/lote
Botellas por Caja	12 botellas/caja
Botellas por Lote	720 botellas/lote
Cantidad de horas por lote	1,107692308 hr/lote

En la Tabla IX se resumen algunos datos iniciales de producción de las botellas de 0,5L. Según las especificaciones técnicas, la tasa de producción de la máquina Monoblock proporcionada por la empresa SANTECHS es de 1300 botellas por hora, requiriendo 650 litros de agua por hora. Se producen 60 cajas por lote, cada una compuesta por 24 botellas, y se paletizan en lotes de 1440 botellas. Esto resulta en un tiempo de producción de 1,11 horas por lote, asumiendo que la operación se realiza a plena capacidad, sin desperdicios ni reprocesos.

TABLA IX. Capacidad de producción de la máquina con botellas de 0,5 L

Para botellas de 0,5 L		
Tasa de producción máquina	1300	botellas/hr
Litros por hr	650	L/hr
Cajas por lote	60	cajas/lote
Botellas por Caja	24	botellas/caja
Botellas por Lote	1440	botellas/lote
Cantidad de horas por lote	1,107692308	hr/lote

De acuerdo con los datos de las Tablas X, se pudo determinar una producción estimada de 2.273 botellas de agua sin gas de 1 L se puede acomodar en 4 estibas aproximadamente, con capacidad de 720 botellas empaquetadas aproximadamente en cada lote de 60 cajas, por lo que se necesitarán 190 cajas de 12 botellas cada una. Para completar la producción de la demanda pronosticada se necesitarán aproximadamente 3,50 horas. Es importante mencionar que las ventas en la “Mercadería” de botellas de agua con gas son muy bajas por lo que no se debería de tener en consideración; Sin embargo, se deja planteado algunos análisis posteriores en caso de que sea necesario la producción de botellas con agua con gas.

TABLA X. Demanda anual pronosticada de botellas de 1 L.

Demanda hipotetica anual 1L	Sin Gas	Con Gas
Botellas	2273,15	0,00
Cajas	189,43	0,00
Lotes	3,16	0,00
Horas de utilización	3,50	0,00

De acuerdo con los datos de las Tablas XI, se pudo determinar una producción estimada de 2.6379 botellas de agua sin gas de 0,5 L se puede acomodar en 5 estibas aproximadamente, con capacidad de 1440 botellas empaquetadas aproximadamente en cada lote de 60 cajas, por lo que se necesitarán 266 cajas de 12 botellas cada una. Para completar la producción de la demanda pronosticada se necesitarán aproximadamente 4,91 horas. Es notorio que las ventas en la “Mercadería” de botellas de agua con gas tienen el mismo efecto dentro de la presentación de botellas de agua de 1L como de la presentación de botellas de 0,5L.

TABLA XI. Demanda anual pronosticada de botellas de 0,5L.

Demanda hipotetica anual 0,5L	Sin Gas	Con Gas
Botellas	6378,47	0,00
Cajas	265,77	0,00
Lotes	4,43	0,00
Horas de utilización	4,91	0,00

Las descripciones textuales de las Tablas X y XI se realizan con el fin de tener una idea sobre la producción de botellas de agua en sus presentaciones de 1L y 0,5L sin gas; asimismo, poder conocer cuantas estibas se necesitan en caso de producir la demanda proyectada para tener presente la restricción de espacio requerido dentro de la bodega de la “Mercadería”.

Otro factor importante que restringe el diseño de la planta de embotellado de agua es la distribución de los espacios que tienen las alternativas de ubicación, mencionadas por el director del departamento de ingeniería Civil e Industrial Iván Fernando Otálvaro, las cuales son la Unidad de residuos, Laboratorio de Ingeniería Industrial, Laboratorio de recursos hídricos, Área lote 5, Planta de tratamiento de agua, Zona de contenedores. La restricción anterior, es debido a que se debe tener en consideración las dimensiones de la línea compuesta por la máquina llenadora monoblock, máquina etiquetadora y el túnel de termo encogido a vapor, cada máquina con las dimensiones que se muestran en la Tabla XII, además se debe tener en consideración al momento

de distribuir dibujar las rutas de movilidad interna en la planta, la ubicación de las puertas de entrada y salida, la ubicación de la bodega de materias primas, la ubicación de espacio de embalaje. y la demarcación de las zonas.

TABLA XII. Dimensiones de las máquinas.

Dimensiones	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)
Monoblock	2	2,4	3
Etiquetadora	4	1,2	2,1
Termoencogido	3,4	0,5	1,5

En la Figura VIII se puede ver la línea de producción con las máquinas, ensambladas desde el inicio de la operación hasta el final de la operación. Cabe resaltar que las máquinas están organizadas en línea recta según la propuesta de la empresa de consultoría SANTECHS.



Figura VIII. Línea de embotellado. [7]

De manera similar a las especificaciones de diseño anteriores, se considera la capacidad energética necesaria para el funcionamiento de toda la planta, asegurando que el consumo durante el uso de los laboratorios sea económicamente bajo. Además, es esencial cumplir con las licencias y permisos dictados por el gobierno nacional y municipal, que establecen los requisitos sanitarios para el agua potable envasada destinada al consumo humano en el territorio nacional como restricción de diseño.

3) Leyes, normas y estándares (Buenas prácticas)

Para el montaje de la línea, se debe tener en cuenta normas jurídicas, reglas específicas y estándares nacionales e internacionales para la producción de agua embotellada para consumo humano que se resumen en la siguiente Tabla XIII.

TABLA XIII. Leyes, Normas y Estándares.

Normas	Descripción	Referencia
Ley 09 de 1979	Establece las normas generales para preservar, restaurar o mejorar las condiciones necesarias relacionadas con la salud humana. Lo anterior, incluye el control sanitario de los usos del agua y las medidas sanitarias de seguridad, procedimientos y sanciones aplicables por el incumplimiento de las disposiciones de salud, higiene y seguridad.	[8]
Resolución 12186 de 1991	Establece las condiciones sanitarias para la obtención y comercialización de agua potable tratada con destino al consumo humano, como medida de protección de la salud.	[9]
Decreto 2333 de 1982	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título V de la ley 9a de 1979, sobre las condiciones sanitarias de las fábricas, depósitos y expendios de alimentos; de transporte y distribución de estos, y se dictan otras disposiciones.	[10]
Resolución 2115 de 2007	Establece las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. La norma también incorpora los indicadores que evalúan la calidad del agua y su cálculo, como lo son el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA) y el índice de riesgo municipal por abastecimiento de agua para consumo humano (IRABAm).	[11]
Resolución 2674 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social	Establece los requisitos sanitarios que deben cumplir las personas naturales y/o jurídicas que ejercen actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos y materias primas de alimentos.	[12]

Normas Internacionales de los Alimentos – Codex Alimentarius CXS 227-2001, Enmienda de 2019	Es la norma general para las aguas potables embotelladas/envasadas, distintas de las aguas minerales naturales. La sección 3 contiene los factores esenciales de composición y calidad para aguas envasadas, destacando la necesidad de tratamiento en función del origen del recurso.	[13]
Normas Internacionales de los Alimentos – Codex Alimentarius CXC 48-2001	Esta norma adopta el Código de Prácticas de Higiene para las aguas potables embotelladas/envasadas distintas de las aguas minerales naturales.	[13]
Resolución 1023 del 2010	Se adopta el protocolo para el monitoreo y seguimiento del Subsistema de Información sobre Uso de Recursos Naturales Renovables – SIUR, para el sector manufacturero y se dictan otras disposiciones.	[14]

III.MEDIR

En la etapa MEDIR se recopilan y analizan datos cuantitativos y cualitativos relevantes para el proyecto, con la intención de recoger la información fundamental que establezca las bases sólidas sobre las que se desarrollarán las siguientes etapas del proyecto.

D. Plan de recolección de datos

Para la recolección de datos, inicialmente se realizó un trabajo de campo que incluyó visitas a las posibles localizaciones de la planta, donde se tomaron medidas del área (m²) utilizando una cinta métrica. Luego, se utilizó el sitio web Google Earth para medir las distancias entre las posibles ubicaciones y la tienda principal "Mercadería", así como entre la zona de recepción y las posibles ubicaciones de la planta. Se obtuvo la base de datos de la "Mercadería" del año 2022 (ver Anexo 3). Además, se realizó una encuesta difundida a través del grupo de mensajería instantánea "WhatsApp" de la Facultad y diferentes grupos estudiantiles, con el objetivo de conocer las preferencias de la comunidad Javeriana y evaluar la viabilidad de introducir el producto al mercado (ver Anexo 4). La encuesta se aplicó a una muestra de 115 personas (n₀), calculada con la fórmula para determinar el tamaño de la muestra indicada en la Figura IX, con un nivel de confianza del 99% (Z). Este nivel de confianza se eligió debido a que se trata de un producto consumido por personas.

Se estableció que la probabilidad de que los encuestados respondieran afirmativamente sobre la compra de agua (caso de éxito) era del 88% (p), basándonos en un estudio de mercado sobre la venta de agua embotellada en agua del Socorro realizado por la Universidad Libre [21]. Finalmente, el error máximo aceptado por el grupo fue del 3% (ε).

$$n_0 = \frac{Z^2 \cdot (p \cdot (1 - p))}{\varepsilon^2} \quad (6)$$

Figura IX. Fórmula matemática para encontrar la muestra del estudio.

Dónde:

n₀=población de encuestados.

Z= Estadístico de prueba con nivel de significación del 99%.

ε = Error previsto en la información obtenida.

p= Proporción a analizar.

Se han definido los indicadores de la Tabla XIV, los cuales serán evaluados a lo largo del proyecto y formarán parte de la simulación realizada con el software Arena. Además de estos, se incluirán otros indicadores relacionados con estudios de métodos y tiempos, gestión de almacenes e inventarios, análisis de producción, entre otros aspectos. Estos indicadores son fundamentales para analizar el funcionamiento de la planta de embotellado de agua y para desarrollar el plano final como parte integral del entregable complementario a la simulación.

TABLA XIV. Indicadores de desempeño

Variable	Objetivo	Descripción	Indicador
<p>Costo de fabricación (\$ millones)</p> <p>CMP=Costo de materia prima CMOD=Costo de mano de obra CIF=Costo</p>	Identificar los costos de fabricación de cada producto en el proyecto.	Se realiza un trabajo de campo mediante cotizaciones.	$CF = \sum_1^N CMP + \sum_1^N CMOD + \sum_1^N CIF \quad (1)$
<p>Utilización (%)</p> <p>CBP=Cantidad de botellas proyectadas CPM=Capacidad máxima de producción de la planta</p>	Determina el grado de utilización de las maquinas y de la línea de producción.	Formula que se mide, mediante la tasa producción de la línea.	$U = \frac{CBP}{CPM} \quad (2)$
<p>Espacio requerido (%)</p> <p>AU=Área utilizada (M²) AT=Área total (M²)</p>	Determina el espacio que requiere toda la planta.	Se realiza trabajo campo con toma de medidas en los distintos sitios.	$ER = \frac{AU}{AT} \quad (3)$
<p>Tiempo de ciclo (h/und)</p> <p>(D/S): Días por semana (h/T): Horas por turno P: Procesamiento por hora de máquinas y operarios</p>	Identifica el tiempo necesario de producción semanal de botellas de agua.	Se realiza una revisión en las especificaciones de la máquina.	$C = \frac{1}{\left(\frac{D}{S}\right) \left(\frac{h}{T}\right)} * 3600 \quad (4)$
<p>Distancia recorrida (M²)</p> <p>d_i=distancia entre departamentos i</p>	Estipula la cantidad de distancia en metros, recorrida por el material por cada departamento.	Se realiza la medición mediante el uso de herramientas computacionales.	$Distancia Total = \sum_1^n di \quad (5)$

E. Exploración del mercado

Se realizó una encuesta para conocer las preferencias de algunos de las personas de la comunidad Javeriana sobre la compra de agua embotellada. (Ver anexo 4).

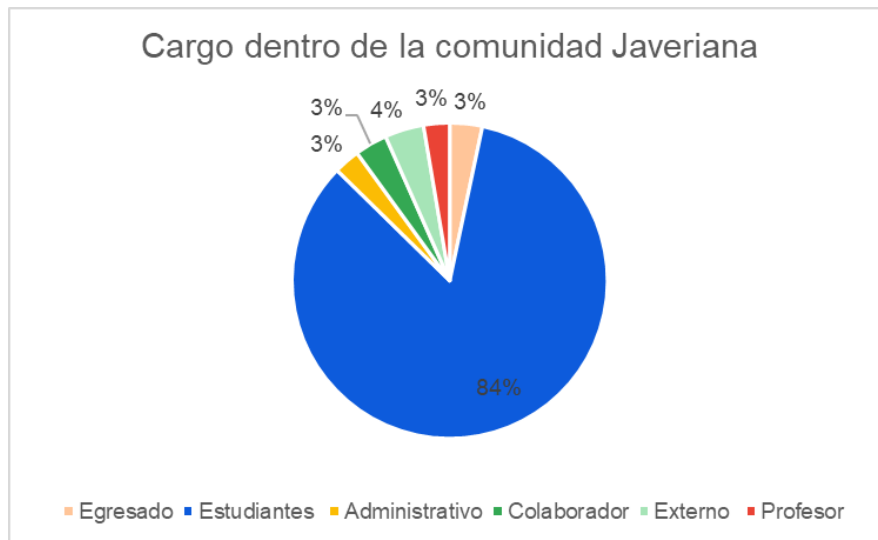


Figura X. Cantidad de encuestados por categoría.

Se evidencia de la Figura X que el 84% de las personas que respondieron son estudiantes, que nos indica que son la gran parte de la población encuestada, siguiendo 4%, 3%, quienes son el resto de la población muestral pertenecen a Personal Externo, Profesores, Egresados, Administrativos y Colaboradores.

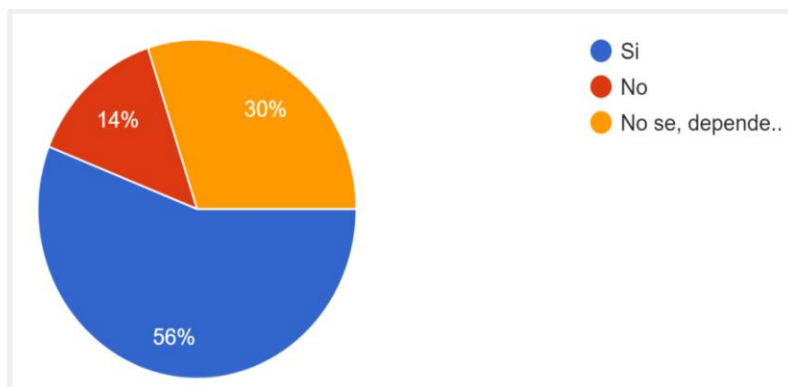


Figura XI. Intención de compra de botellas de agua.

En la Figura XI se observa que el 56% de las personas comprarían agua embotellada de la marca Javeriana. El 14% no la compraría, debido a factores como la preocupación por el uso de plástico. Uno de los comentarios de los encuestados fue: "No me gusta comprar agua embotellada por la cantidad de plástico que implica, así que los factores importantes para mí serían el empaque, como por ejemplo el de vidrio, y también la presentación cómoda para poder cargar de manera fácil y cómoda". Finalmente, el 30% menciona que la compra de agua embotellada depende de ciertos factores influyentes, que según la encuesta incluyen precio, sabor, tamaño, tipo de botella y calidad del producto (ver Anexo 3).

En relación con los datos de la "Mercadería" el 83,3% de los encuestados compraría agua embotellada mínimo una vez al mes y máximo una vez todos los días. En complemento los encuestados tiene otros motivos para no comprar agua embotellada como se muestra en la Figura XII.

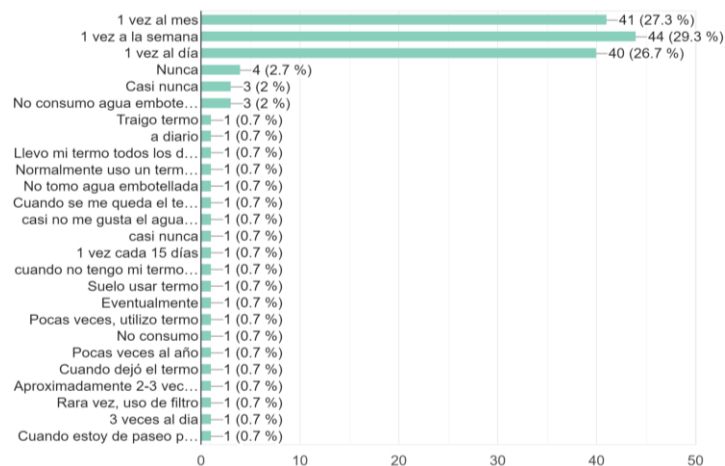


Figura XII. Frecuencia de consumo de botellas con agua.

Basado en los datos recolectados en el sitio web Google Earth, se diseñó un diagrama de redes de suministro dentro de la Universidad, conectando las posibles localizaciones y los muelles de descarga, como se muestra en la Figura XIII. De igual manera, se diseñó un diagrama de redes de distribución del producto terminado entre las posibles ubicaciones y la tienda principal "Mercadería", tal como se presenta en la Figura XIV.

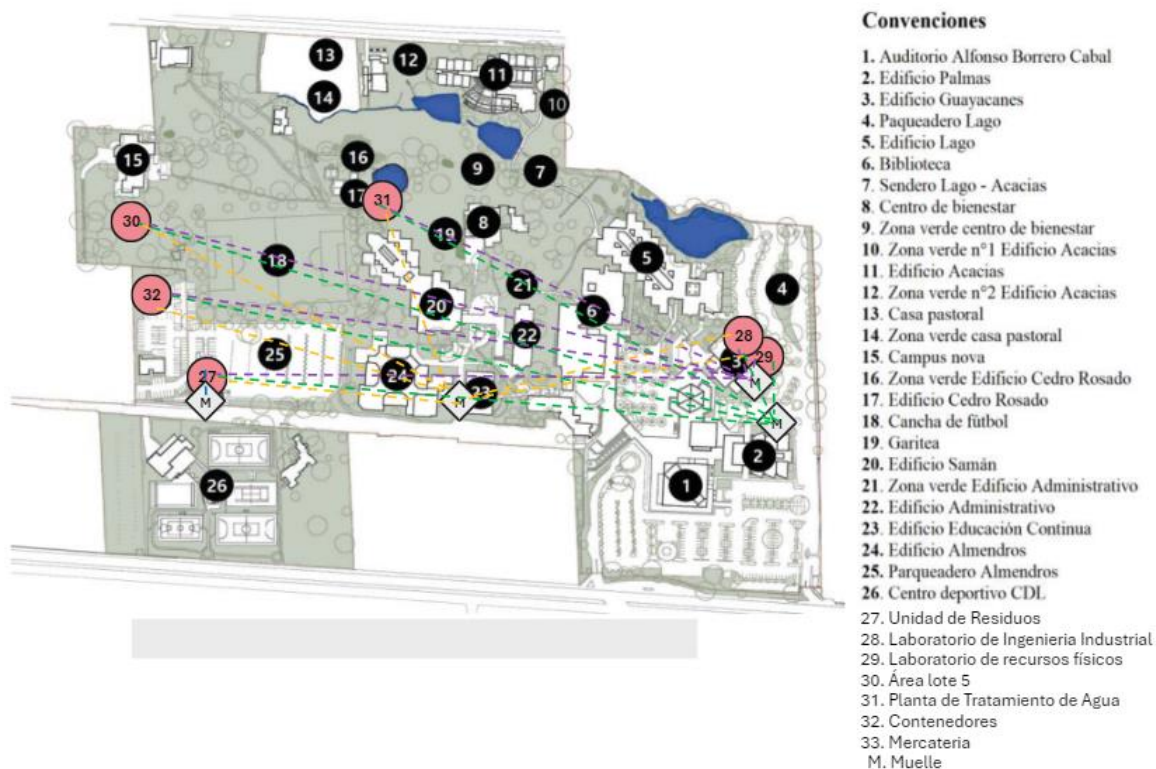


Figura XIII. Diagrama de redes de suministro. [22]

El diagrama de redes de suministro representado en la figura XIII, ilustra las posibles rutas de transporte entre la planta de embotellado y los muelles existentes. Para facilitar la comprensión, cada ruta hacia un muelle se ha asignado un color específico:

- Muelle entre los edificios "Educación continua" y "Almendros": rutas de color amarillo.

- Muelle en el edificio "Guayacanes": rutas de color morado.
- Muelle en el edificio "Palmas": rutas de color verde.
- Muelle en la zona de "Unidad de residuos": esta opción se considera solo si es la ubicación más adecuada para la planta de embotellado. Si la planta no se ubica en este sitio, no podrá utilizarse como muelle de recepción de insumos por motivos de salubridad, ya que el área continuará funcionando como "Unidad de residuos".

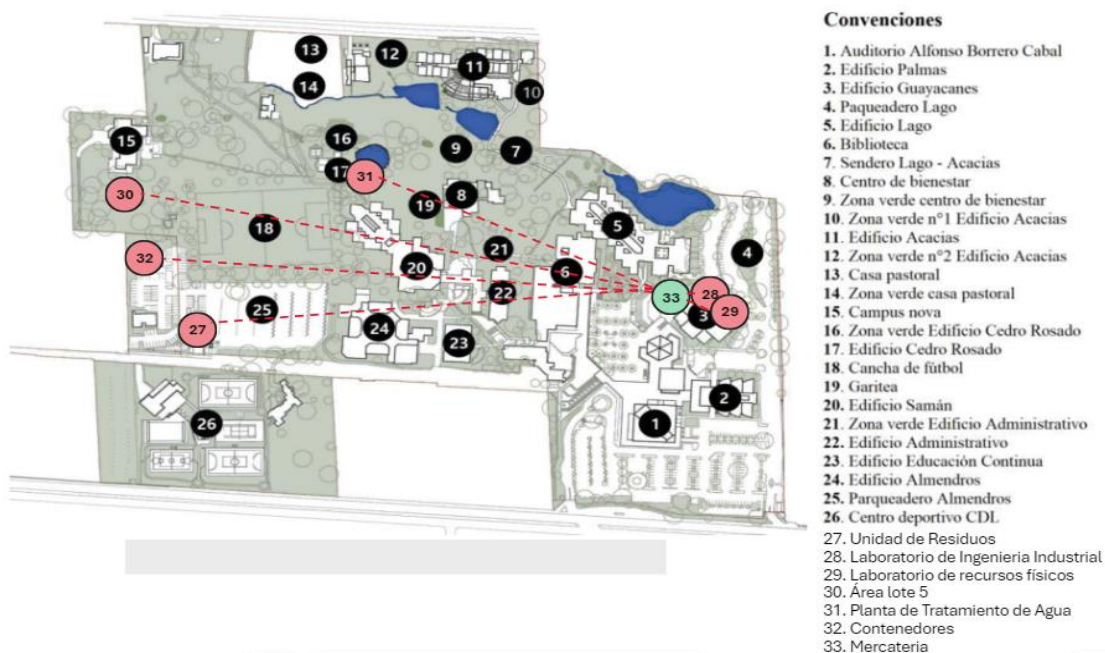


Figura XIV. Diagrama de redes de distribución. [22]

La Figura XIV, permite visualizar las posibles rutas de transporte desde cada ubicación potencial de la planta de embotellado hasta la "Mercadería". Las ubicaciones de los laboratorios de Ingeniería Industrial y del laboratorio de recursos hídricos de Ingeniería Civil presentan una ventaja en cuanto a la cercanía del centro de distribución ubicado en la tienda principal "Mercadería".

A continuación, se pretende conocer los productos más vendidos por la "Mercadería" en el año 2022, para esto se realizó la Tabla XV, que posteriormente se utilizó para graficar un diagrama de Pareto basándonos en la relación entre las botellas con agua de las presentaciones 1L y 0.5L con gas y sin gas como se puede ver en la Figura XV.

TABLA XV. Porcentajes de ventas de botellas con agua en la Mercadería.

Tabla de frecuencias para Pareto	Cantidad de botellas vendidas por la "Mercadería"	Frecuencia relativa
0,5L SIN GAS	5793	73%
1L SIN GAS	2082	26%
0,5L CON GAS	49	1%
1L CON GAS	0,00	0%
Total	7924	100%

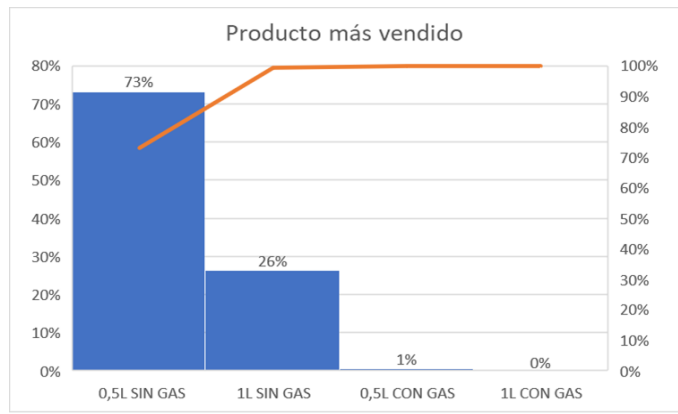


Figura XV. Diagrama de Pareto cantidad de botellas con agua vendidas de las presentaciones 1L y 0.5L sin gas y con gas.

Como se puede observar del diagrama de Pareto las botellas de agua más vendidas en la tienda principal “Mercadería” pertenecen a las botellas de la presentación 0,5 L con un 73% de la demanda total del 2022 y a las botellas de la presentación 1 L con un 26%, se remarca que las dos presentaciones son botellas sin gas, por lo que los demás análisis solo se centrarán en las botellas de agua de las presentaciones mencionadas.

Seguidamente se pretende realizar un análisis estadístico para determinar el comportamiento de la demanda de botellas de agua de la marca Cristal y Brisa, de acuerdo con la base de datos de la tienda principal “Mercadería” en el año 2022 como se puede observar en las Figuras XVI y XVII.

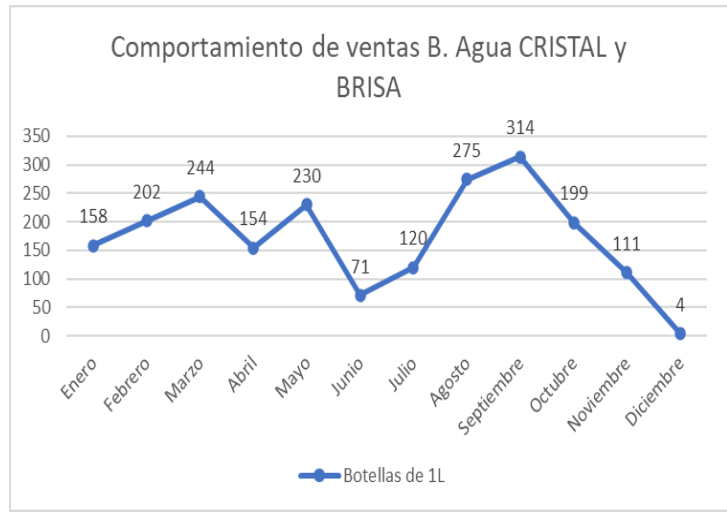


Figura XVI. Pronóstico de la demanda de botellas de agua de 1L de la marca CRISTAL Y BRISA en el año 2022.

De la Figura XVI se puede mencionar que el mes con mayor demanda de botellas de agua de 1 L son agosto y septiembre, lo anterior tiene relación al inicio de clase del segundo semestre del año 2022, igual que se ve una tendencia decreciente después de estos meses por la finalización de clases de ese mismo semestre. Otro factor que influye en la demanda es el clima debido a que estos meses son los de mayor calor en el año.

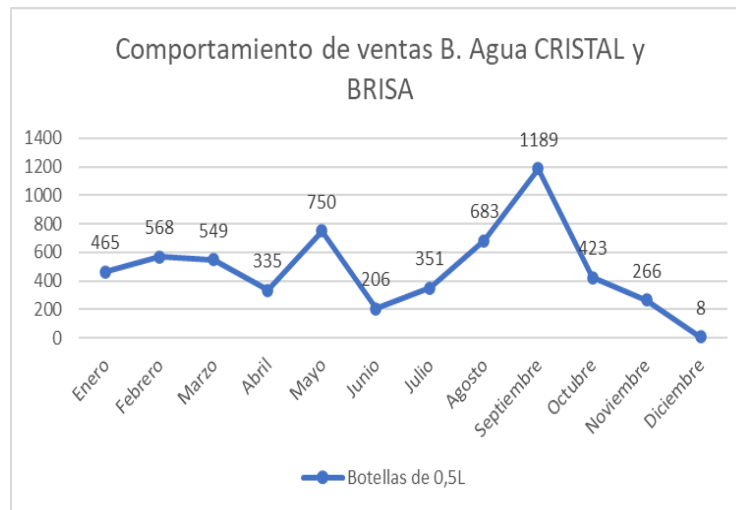


Figura XVII. Pronóstico de la demanda de botellas de agua de 0.5L de la marca CRISTAL Y BRISA en el 2022.

En la Figura XVII, se nota que, al inicio del primer semestre de 2022, la demanda de botellas de agua de 0,5 L se mantuvo estable. Sin embargo, al finalizar este semestre en mayo, la demanda experimentó un alza inesperada, casi duplicando las ventas de abril, debido a la gran demanda de agua para los eventos de la universidad. Durante el segundo semestre, los meses de mayor demanda fueron agosto y septiembre, coincidiendo con el inicio de clases. Posteriormente, se nota una tendencia decreciente en la demanda, debido a la finalización del semestre. Otro factor que influye en la demanda es el clima, ya que estos meses son los más calurosos del año, como se mencionó en la figura anterior.

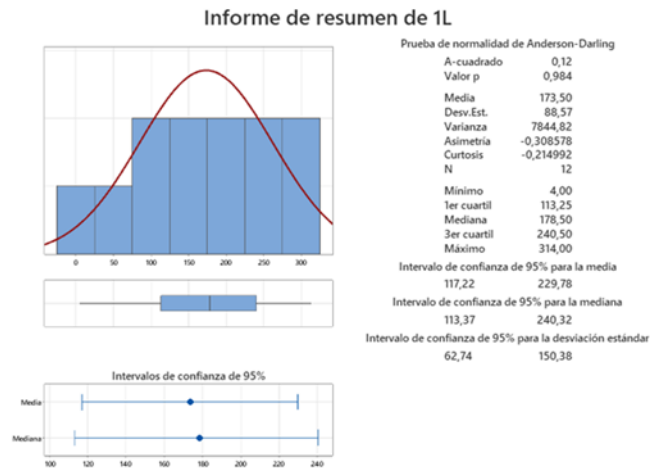


Figura XVIII. Estadística descriptiva de la demanda de botellas de agua de 1L de la marca CRISTAL Y BRISA.

La Figura XVIII muestra datos estadísticos sobre el comportamiento de la demanda de botellas con agua de 1L. Inicialmente se puede observar que las ventas mensuales promedio son de 173,5 botellas, con una desviación respecto a su media de 88,57 botellas. Se observa normalidad en los datos por el coeficiente de asimetría y curtosis que están en el rango de 2 y -2, además se hizo una prueba de Anderson Darling para mayor veracidad, los datos no alterarán la información como errores de digitación del cajero, etc. Las botellas mensuales varían por el comportamiento natural de la demanda.

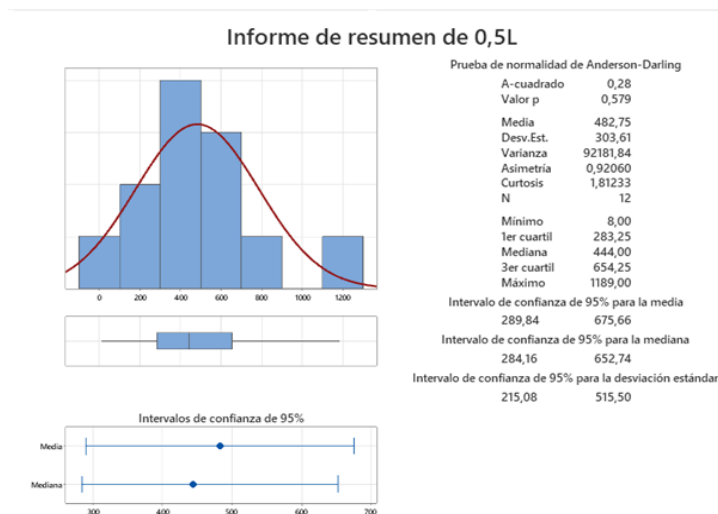


Figura XIX. Estadística descriptiva de la demanda de botellas de agua de 0.5L de la marca CRISTAL Y BRISA.

La Figura XIX denota datos estadísticos sobre el comportamiento de la demanda de botellas con agua de 0.5 L. Inicialmente se puede observar que las ventas mensuales promedio son de 482,75 botellas, con una desviación respecto a su media de 303,61 botellas. Se observa normalidad en los datos por el coeficiente de asimetría y curtosis que están en el rango de 2 y -2, además se hizo una prueba de Anderson Darling para mayor veracidad, los datos no alterarán la información como errores de digitación del cajero, etc. Las botellas mensuales varían por el comportamiento natural de la demanda.

IV. ANALIZAR

F. Análisis de Oportunidad

La oportunidad prevista en este proyecto se encuentra en el diseño de la distribución de la planta de embotellado de agua, donde los factores más influyentes se centran:

- Ubicación de las instalaciones basado en criterios de desempeño como tiempo, costo y distancia, además de ciertas restricciones impuestas al proyecto, en la que se menciona que la ubicación a escoger debe tener en cuenta.
- No se puede construir infraestructura, es decir, se debe escoger un lugar que ya cuente con todas las condiciones en cuanto a obra civil y se ajuste a ciertos requerimientos de espacio disponible, cumplimiento de las dimensiones requeridas para la ubicación de las máquinas, pasillos, posicionamiento de los insumos que van a entrar al proceso y las botellas con agua que serán distribuidas a la “Mercadería” y otros puntos de la universidad.
- Identificar el estado de las vías donde deberían pasar las materias primas y producto terminado.
- Revisión del marco normativo que debe tener la planta para poder funcionar.

La Tabla XVI muestra las áreas de diseño de Ingeniería Industrial involucradas en la oportunidad descrita anteriormente.

TABLA XVI. Áreas de diseño de ingeniería industrial relacionadas con la oportunidad

Área de diseño	Marcar con "X"
Diseño de redes de suministro	
Diseño de operaciones	x
Diseño de instalaciones	x

G. Revisión de literatura

La investigación académica es crucial porque proporciona una perspectiva sobre las aplicaciones realizadas para resolver problemáticas o estructurar proyectos similares a los planteados por el proyecto. Por ende, se lleva a cabo una revisión de la literatura, buscando documentos enfocados en investigaciones desarrolladas mediante el diseño y distribución de plantas. Este componente permite recolectar experiencias de otras investigaciones para aplicar y verificar los métodos que pueden agregar valor al proyecto.

En este apartado se visualiza el resumen de la revisión literaria llevada a cabo, con la consideración del aporte que brinda a la realización del proyecto como se puede ver en la Tabla XVII.

TABLA XVII. Revisión de literatura

Tipo	Título	Autor(es)	Objetivo	Método	Aporte al proyecto
Tesis	Creación de una planta productora y envasadora de agua potable en el Distrito de Buenaventura – Valle.	Ávila Diaz P, Orobio Hinestroza M.	Realizar un estudio de factibilidad para creación y puesta en marcha de una planta productora, y comercializa dora de agua potable, mediante la formulación de un proyecto de inversión en el Distrito de Buenaventura - Valle del Cauca, para el periodo 2015). [15]	El método usado para la investigación es el inductivo, tomando como base la observación del problema de estudio, para llegar a conclusiones generales que permitan determinar posibles soluciones. [15]	Muestra procedimientos operacionales y administrativo para la creación de una planta envasadora de agua.
Trabajo de investigación	Diseño de la distribución de la planta y la cadena de abastecimiento de la empresa alimentos del amor, empresa que fabrica y distribuye chocolate y café en polvo y chucula.	Callas Regalado S, Medina Hernández P.	Diseñar la distribución de planta y la cadena de abastecimiento de la empresa Alimentos del Amor. [16]	Se desarrolla una investigación aplicada en una empresa de alimentos, utilizando métodos de diseño y distribución de planta para llevar a cabo la expansión del proceso productivo.[16]	Muestra la guía para realizar el diseño y distribución de planta teniendo los procesos productivos realizados y el diseño de la cadena de abastecimiento.

Trabajo de investigación	Planta embotelladora de agua mineral creación de compañía AQ VITAL.	Rico Florez, A	Diseñar la estructuración operativa de una empresa embotelladora de agua natural – mineral de alta calidad.	Desarrolla una investigación aplicada para la estructuración administrativa y operativa de una empresa [17].	De este texto se pueden visualizar ideas en cuanto a indicadores y un plan de análisis financiero.
Artículo	Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución.	Mejía Heidy, Wilches M, Galofre M, Montenegro Y.	Busca solucionar el problema de cómo diseñar una distribución óptima de las estanterías en un centro de distribución de productos farmacéuticos y afines, teniendo en cuenta las características especiales de los productos y la normatividad vigente.	Se desarrolla teniendo en cuenta la metodología planteada en una figura nombrada Metodología para la distribución física de las estanterías en el centro de distribución. [18]	Facilita el reconocimiento de diferentes heurísticas para la problemática de localización y distribución de instalaciones.
Libro	INGENIERÍA INDUSTRIAL INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE PLANTAS	Bocangel Weydert G, Rosas Echevaria C, Bocangel Marín G.	El objetivo de este texto es compartir conocimiento con relación al diseño y distribución de plantas.	Expone las diferentes métodos y conceptos relacionados con la introducción al diseño de planta. [19]	Permite tomar conceptos que se deben tener para el diseño de planta, reconociendo los diferentes tipos de distribución de planta, sus factores entre otros conceptos con tema tratado.
Trabajo de investigación	Propuesta de un diseño de distribución de un centro logístico hortofrutícola en un municipio del norte del Valle del Cauca.	Burgos Camargo J, Gutiérrez Soto A.	Propone un diseño de distribución de planta de un centro logístico hortofrutícola que permita mejorar el flujo de los procesos, optimización de los recursos y la adecuada ubicación de los establecimientos para aumentar la capacidad disponible y satisfacer la demanda.	Expone los principios de Muther y la metodología de Systematic Layout Planning para satisfacer la demanda. [20]	Este texto brinda conceptos y una guía para la metodología SLP aplicada a un trabajo de investigación.

H. Exploración de ideas y selección de alternativa

Según el informe de la empresa SANTECHS, que detalla las características y especificaciones de las máquinas, los procesos de funcionamiento de la planta y el plano con dos opciones de organización de la línea, el proceso comienza con la alimentación de la planta con las botellas seleccionadas (0,5L, 1L) como primera materia prima. Estas botellas pasan a la etapa de lavado, donde se utilizan 8 inyectores fijos para lavar y secar las botellas, que luego se trasladan al llenado. Simultáneamente, se inicia la purificación del agua mediante un sistema de ósmosis inversa para eliminar contaminantes e impurezas.

Dependiendo del tipo de producto terminado, el agua irá directamente al proceso de llenado o seguirá a la actividad de preparación, donde se añade gas para producir agua con gas. A continuación, las botellas se llenan con el agua, se tapan para proteger su contenido, y luego se etiquetan mediante un proceso de termo-encogido. Las etiquetas proporcionan información esencial sobre el producto, como su nombre, marca, información nutricional, fecha de vencimiento, y advertencias.

Finalmente, se realiza la codificación de las botellas, marcándolas con información específica mediante códigos, números o símbolos para facilitar el seguimiento de productos, identificación de lotes, gestión de inventarios, seguridad del consumidor y autenticación de productos. Posteriormente, las botellas son almacenadas y distribuidas. La Figura XX representa este proceso mediante un diagrama de flujo, mostrando las fases involucradas y los alcances de cada una.

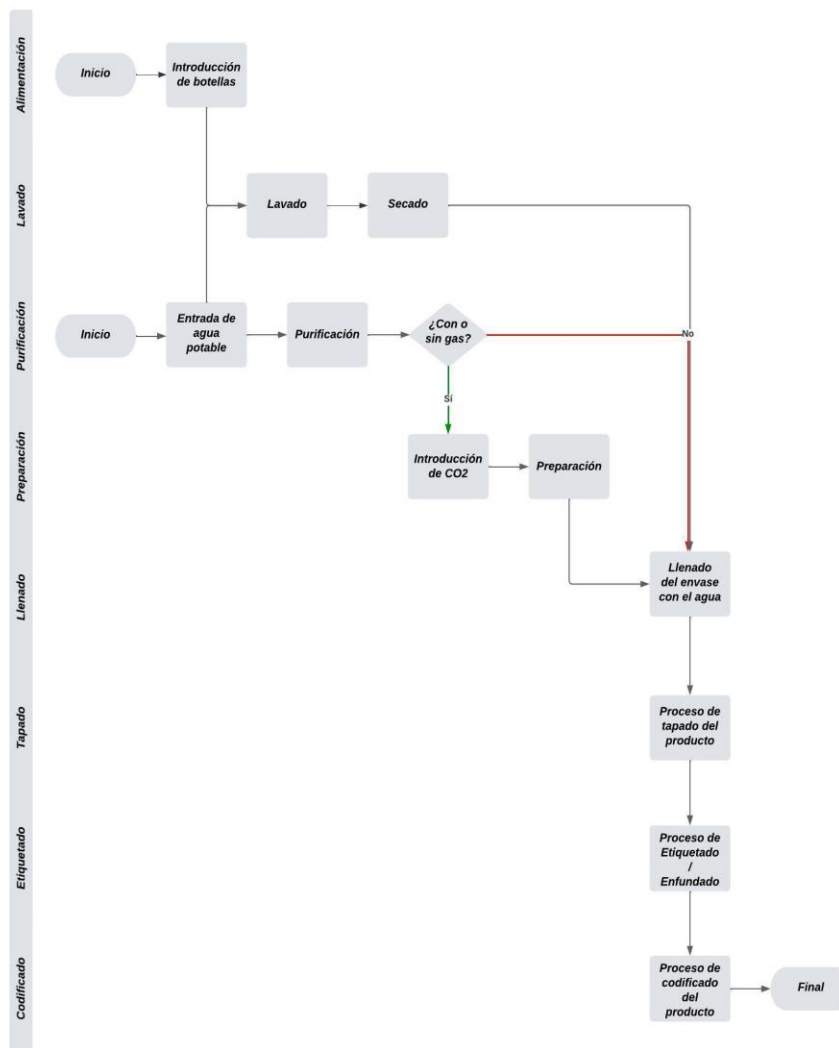


Figura XX. Diagrama de flujo - Planta de embotellado.

A continuación, se presenta un diagrama SIPOC con el propósito de mostrar las relaciones entre proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes, como se detalla en la Tabla XVIII. Este diagrama ilustra el funcionamiento general de la planta de embotellado de agua, destacando lo que los proveedores suministran y asegurando que las necesidades de los clientes enumerados en la tabla sean satisfechas.

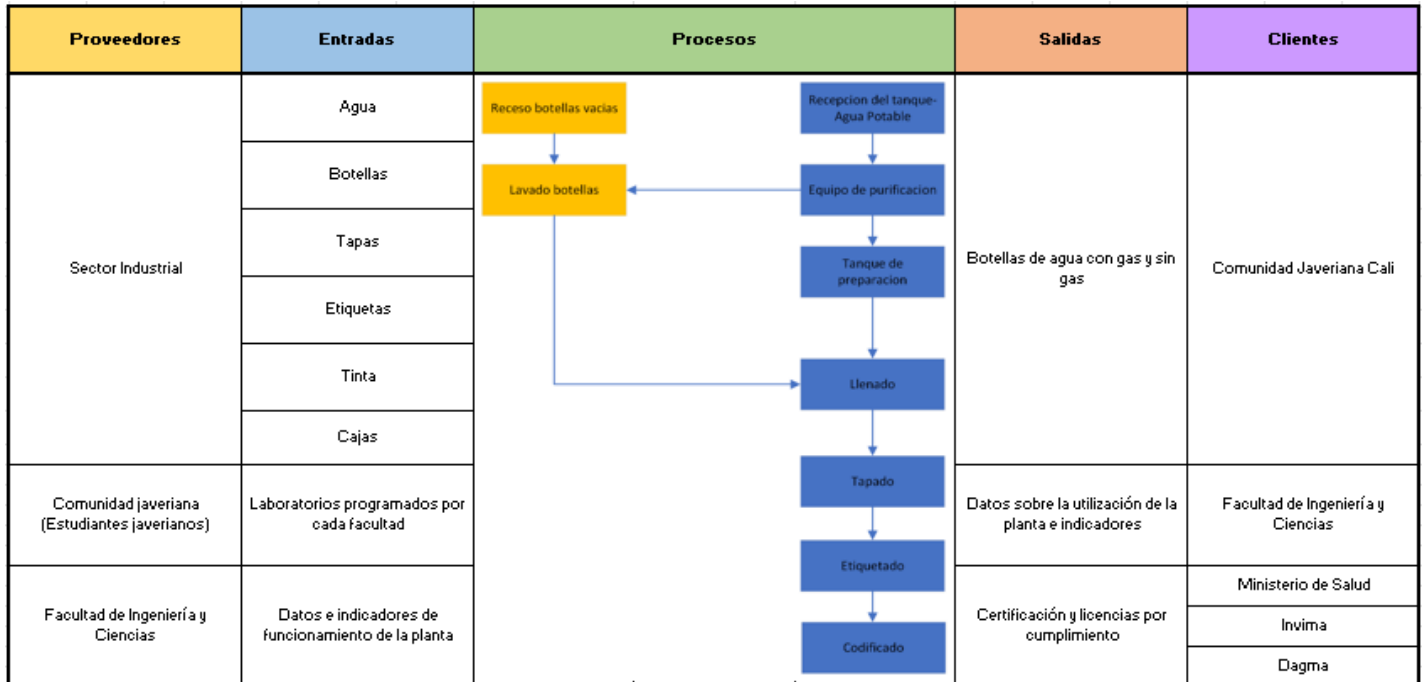


TABLA XVIII. Diagrama SIPOC - Planta de embotellado

Del diagrama se puede observar que el sector industrial es la base del proceso productivo, ya que este proporciona insumos como las botellas, tapas, etiquetas, tinta y cajas según las órdenes de pedido, y se realiza el proceso de transformación de materias primas en las que se obtienen botellas de agua con gas y sin gas en las presentaciones de 1 L y 0.5L para la comunidad Javeriana; el agua es captada desde una de las quebradas del río Pance que pasa cerca a la Universidad.

Los estudiantes Javerianos a través de la producción de botellas con agua e investigaciones que se realicen en la planta durante los laboratorios programados por las carreras mencionadas en el primer párrafo del documento en la sección DEFINIR se espera que aporten datos e indicadores para el reconocimiento del proceso. Finalmente, la Facultad de Ingeniería y Ciencias mediante los datos e indicadores obtenidos durante la utilización de la planta, busca obtener las certificaciones y licencias requeridas por el ministerio de salud, el INVIMA y el Dagma para su funcionamiento adecuado.

En consideración al proceso de producción de las botellas de agua con gas y sin gas en las presentaciones de 1L y 0.5L, se realizó una lista de materiales (BOM) como se muestran en las Figuras XXI, XXII, XXIII y XXIV, respectivamente. Para determinar los insumos necesarios y sus respectivas cantidades.

Se especifica los niveles de importancia de la lista de materiales de las siguientes figuras:

- **Nivel 0:** Este nivel indica el producto final a producir o el producto terminado.
- **Nivel 1:** Este nivel indica los subensambles o los componentes principales para completar el producto final.
- **Nivel 2:** Este nivel indica los componentes de los subensambles de manera que unificados formaran un subensamble

La Figura XXI visualiza de forma gráfica la lista de los materiales necesarios para producir 4 lotes de botellas con agua, como se analizó en la Tabla XI. En la lista se presenta la cantidad de 2273 botellas de 1L que serán llenadas con aproximadamente 2273 L de agua, esto sin considerar desperdicios, además que se requieren 2273 tapas para sellar cada una de las botellas y la misma cantidad de etiquetas codificadas donde cada etiqueta al ser marcada con el código de barras para su respectivo control se gasta aproximadamente 0,5L de tinta por botella sin considerar desperdicios por lo que en total se requeriría 1136,5 L y finalmente se necesitan 190 cajas para su respectivo almacenamiento y distribución.

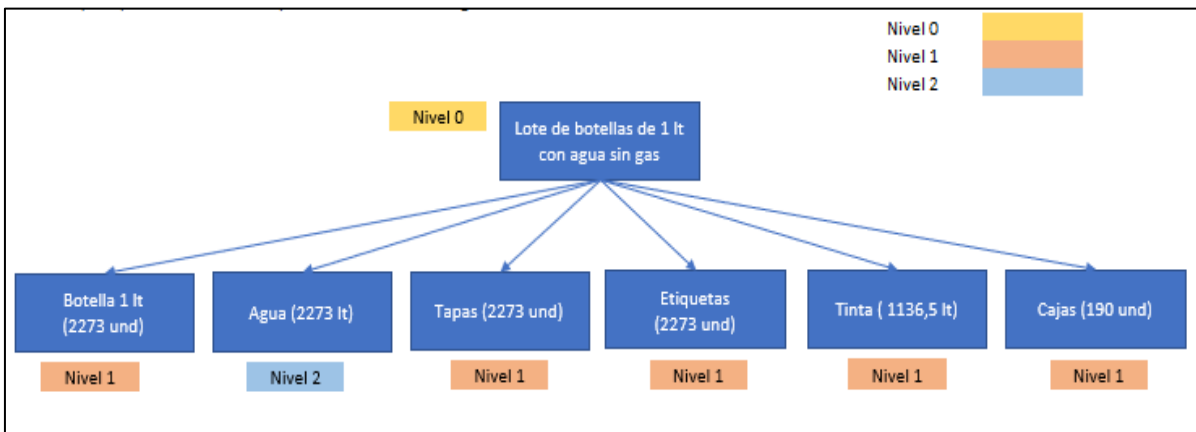


Figura XXI. Bill of material (BOM) Lista de materiales para botellas de 1 lt con agua sin gas.

Para la presentación de las botellas con agua con gas de 1L la demanda anual es casi nula o 0, por lo que se deja planteado la lista de materiales, pero sin las cantidades respectivas.

La Figura XXII visualiza de forma gráfica la lista de materiales necesarios para la producción de botellas de 1L de agua con gas, requiriendo, así como subensambles las botellas, las tapas, las etiquetas, la tinta, las cajas y el agua gasificada que tiene algunos componentes necesarios como agua y CO2.

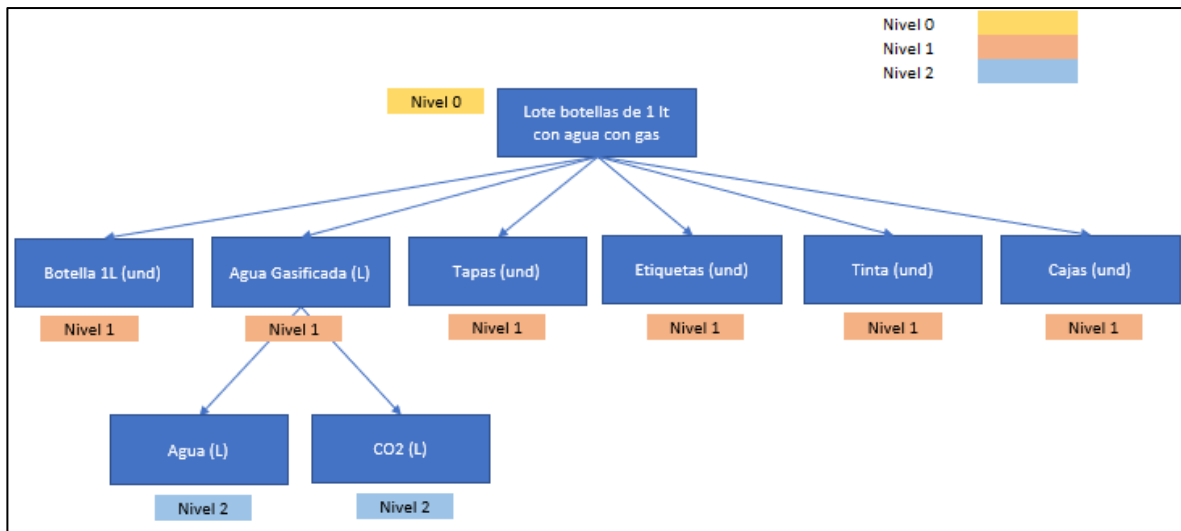


Figura XXII. Bill of material (BOM) Lista de materiales para botellas de 1 lt con agua con gas.

La Figura XXIII visualiza de forma gráfica la lista de los materiales necesarios para producir 5 lotes de botellas con agua, como se analizó en la Tabla XII. En la lista se presenta la cantidad de 6378 botellas de 0,5L que serán llenadas con aproximadamente 3189 L de agua, esto sin considerar desperdicios, además que se requieren 6378 tapas para sellar cada una de las botellas y la misma cantidad de etiquetas codificadas donde cada etiqueta al ser marcada con el código de barras para su respectivo control se gasta aproximadamente 0,5L de tinta por botella sin considerar desperdicios por lo que en total se requeriría 3189 L y finalmente se necesitan 532 cajas para su respectivo almacenamiento y distribución.

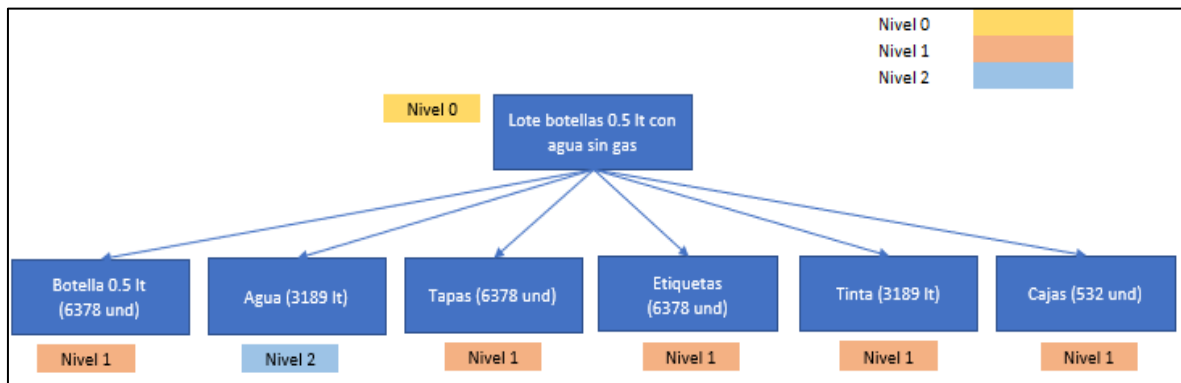


Figura XXIII. Bill of material (BOM) Lista de materiales para botellas de 0,5 lt con agua sin gas.

Para la presentación de las botellas con agua con gas de 1L la demanda anual es casi nula o 0, por lo que se deja planteado la lista de materiales, pero sin las cantidades respectivas.

La Figura XXIV visualiza de forma gráfica la lista de materiales necesarios para la producción de botellas de 1L de agua con gas, requiriendo, así como subensambles las botellas, las tapas, las etiquetas, la tinta, las cajas y el agua gasificada que tiene algunos componentes necesarios como agua y CO2.

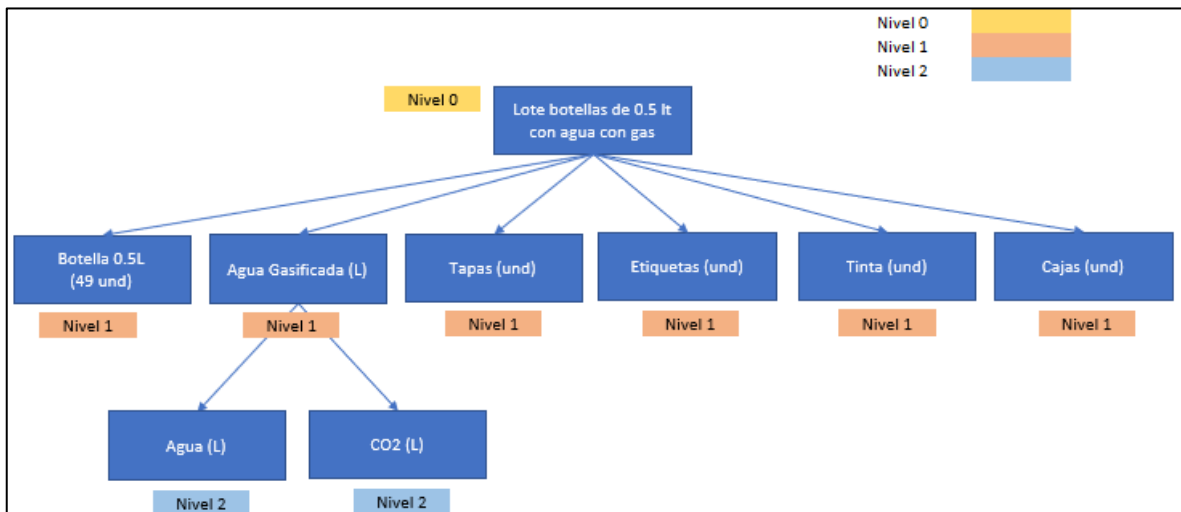


Figura XXIV. Bill of material (BOM) Lista de materiales para botellas de 0.5 lt con agua con gas.

Para identificar las alternativas de diseño, se deben considerar los factores de localización y distribución, así poder escoger la mejor ubicación de la planta de embotellado, para lograr el máximo aprovechamiento de los espacios para uso académico e industrial. La revisión de literatura suministró las siguientes definiciones de los factores que se tendrán en cuenta en el desarrollo del proyecto:

- Factor de transporte: La ubicación de la planta tiene que ser de fácil acceso para la bodega de recepción de insumos, así como para la distribución del producto terminado en el que las vías internas de la Universidad deben conectar la posible localización con la “Mercadería”.
- Factor de proximidad a las materias primas: De acuerdo con las localizaciones preseleccionadas, se evalúa su cercanía con respecto a la fuente de insumos más cercana (Muelle).
- Factor de mano de obra: Se debe contar con un operario con las competencias y habilidades requeridas para manejo de la línea de producción de agua embotellada, además se debe tener en cuenta su disponibilidad y los costos asociados.

- Factor de terrenos: Se debe encontrar un terreno que se adapte a la planta, en cuanto a ubicación, topografía y dimensiones.
- Factor de eliminación de desecho: La ubicación debe contar con servicios de recolección de residuos, alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales cercanos, además de contar con normas y legislaciones vigentes de salubridad y eliminación de desechos provenientes del proceso productivo, asimismo se debe tener los niveles de impacto que se generen en el lugar.
- Factor de abastecimiento de agua: Se requiere una fuente disponible de agua potable cercana y su conducción hasta la posible localización para su consumo en condiciones aptas.
- Factor de abastecimiento de energía: Se requiere una fuente de suministro de energía con capacidad suficiente para abastecer a la planta.
- Factor Edificio: Son estructuras industriales diseñadas para albergar sus operaciones específicas, cubre a los operarios, materiales, maquinaria y actividades auxiliares.

De acuerdo con los factores descritos anteriormente, se muestran las siguientes alternativas de localización de la planta que fueron identificadas a través de una lluvia de ideas:

La primera alternativa de diseño y localización es el espacio de la unidad de residuos de la Universidad, que aglomera y despacha los residuos sólidos que genera la institución, por lo que habría que adecuar el espacio para la planta y reubicar la unidad de residuos en otro espacio, ya que por higiene no se podría colocar contigua con la línea. No obstante, la alternativa cumple parcialmente con el factor de transporte, ya que cuenta con un muelle de recepción de insumos propio, sin embargo, las vías para distribuir el producto terminado no son adecuadas. Además, el lugar mide 17,43 m de largo y 8,94 m de ancho, por lo que se considera que tiene espacio suficiente para ubicar la línea de producción de 9,4 m de largo y 2.4 m de ancho, estibas con los insumos de entrada y las estibas con el producto terminado. De igual forma, la localización cuenta con una infraestructura sólida, áreas subdivididas en las que se puede distribuir el personal, maquinaria y los productos; además satisface los servicios de agua potable, energía y una red de alcantarillado. Por último, cabe mencionar que tiene espacio para los pasillos de desplazamiento de los materiales y los operarios.

La segunda alternativa de diseño y localización es el laboratorio de ingeniería industrial, tiene servicios como alcantarillado, energía y agua potable, y debe tener unas dimensiones de 13 m y 4,98 m de ancho suficientes para instalar la línea de producción. De igual forma, el edificio Guayacanes cuenta con ascensor para el fácil movimiento de los insumos y producto terminado, cuenta con baños cercanos, iluminación natural suficiente. Además de estar cerca de la zona de distribución.

La tercera alternativa de diseño y localización es el laboratorio de recursos hídricos, esta cuenta actualmente con servicios como alcantarillado, energía y agua potable, además de tener unas dimensiones de largo 13.8 m y de ancho 14.3 m suficientes para instalar la línea de producción, libre movimiento de los operarios y del flujo de material. De igual forma, el edificio Guayacanes cuenta con rutas de fácil movimiento para los insumos y producto terminado, cuenta con baños cercanos, iluminación natural suficiente. Está cerca de la zona de distribución porque está en el primer piso del edificio. También cuenta con una bomba de presión hidráulica para el bombeo del agua desde el tanque de suministro de agua y la dimensión permite una correcta circulación de personal y material.

La cuarta alternativa de diseño y localización es el Área lote 5, esta cuenta actualmente con terreno suficiente para implementar la línea de producción debido a que sus dimensiones son: largo 15.9 m y de ancho 6.53 m, además de esto está muy cerca del parqueadero de Cataya donde quedaría el muelle de recepción, sin embargo, no cuenta con infraestructura física, ni servicios, con el espacio se puede distribuir la línea de tal forma en que se haya una adecuada circulación de personal y material.

La quinta alternativa de diseño y localización es la planta de tratamiento de agua que contiene un espacio disponible de 10.36 m de largo y 10.09 m de ancho, donde de acuerdo con los factores de localización habría que revisar especialmente el factor de terrenos, ya que el espacio no cuenta con una infraestructura física apta para el montaje de la planta por lo que se tendría que analizar la construcción de una obra civil o montar los contenedores móviles ubicados en el centro de emprendimiento Campus Nova en este sitio. De resto, la ubicación cuenta con los factores de localización en cuanto al abastecimiento de energía, agua, mano de obra, materias primas y de mercado. En cuanto a los factores de distribución se pueden afirmar que no se cumple con el factor de edificio, ya que no existe la infraestructura física para albergar la planta, no obstante, las dimensiones del terreno alcanzan para adaptar la planta y tiene las rutas de acceso en buen estado, aunque lejano de la tienda principal “Mercadería”.

La sexta alternativa de diseño y localización son los dos contenedores ubicados al lado del centro de emprendimiento Campus Nova, el cual no tiene una infraestructura adecuada, pero mide 6,04 m y 2,43 m de ancho, que no es suficiente para instalar la

línea de producción, pero se podría analizar la posibilidad de unificar las dos estructuras y medir 12,08 m y 4,86 m de ancho, por lo que sobra un espacio justo para el libre movimiento de los operarios y el flujo de material. También cuenta con rutas de fácil acceso para la recepción de los insumos, pero no con vías adecuadas para la distribución de producto terminado, ni con iluminación natural suficiente.

Una vez concluidas las etapas de Definición, Medición y Análisis, se adquiere una comprensión clara de los objetivos que se pretenden alcanzar con el proyecto. En esta fase crucial, se procede a establecer los objetivos específicos del proyecto. Estos objetivos, cuidadosamente definidos, servirán como guías para orientar las acciones y decisiones posteriores, asegurando que el proyecto se desarrolle de manera alineada con las metas establecidas inicialmente.

Para escoger la mejor alternativa de localización para el diseño de distribución de la planta, se establecen factores de evaluación y un modelo de decisión especializado en distribución de planta, denominado “Método de ranking de factores”, con los cuales se busca elegir la alternativa más conveniente.

Método de Ranking de Factores

Es una técnica que emplea un sistema de evaluación que considera los factores de localización de la planta. Para este método de evaluación semi-cualitativa, se busca relacionar los factores más importantes de localización y distribución con aquellas alternativas de posibles ubicaciones en estudio; analizando así el nivel de importancia relativa de cada factor.

Este método debe identificar y colocar en una lista todos los factores de localización, luego se deberá analizar el nivel de importancia relativa de cada factor y asignarles una ponderación relativa, donde se asigna un valor de uno (1) a aquel factor más importante que el factor con el que se compara o se asigna un valor de cero (0) si el factor analizado es menos importante que el factor con el que se compara. En los casos de igual importancia ambos factores tendrán un valor de uno (1), de esta manera se termina de hacer la tabla de enfrentamientos que se muestra en la Tabla XIX.

TABLA XIX. Análisis nivel de importancia

Factor	Transp. Insumos y PT	Prox. MP	MO	Terrenos	Desechos	Agua	Energía	Edificio	Puntos	% Ponderado
Transp. Insumos y PT	1	1	0	0	1	1	1	1	5	13,89%
Prox. MP	0	1	0	0	1	1	1	1	4	11,11%
MO	0	0	1	0	0	1	1	1	3	8,33%
Terrenos	1	1	1	1	0	1	1	1	5	13,89%
Desechos	0	0	1	0	1	1	1	1	4	11,11%
Agua	1	1	1	1	0	1	1	1	5	13,89%
Energía	1	1	1	1	0	1	1	1	5	13,89%
Edificio	1	1	1	1	0	1	1	1	5	13,89%
								Total	36	100%

Tras el anterior análisis, se evalúan los factores contra sus posibles ubicaciones para elegir la que cumplan con un nivel mínimo de desarrollo de cada uno de los factores y ponerlas como alternativa más viable en su localización y distribución. Para ello se debe tener información clara de cada ubicación con respecto a cada factor y asignar una calificación de cada factor en cada localización alternativa. [27]

Para la calificación se puede utilizar la siguiente puntuación: Excelente = 10; Muy bueno 8; Bueno = 6; Regular = 4; Deficiente = 2 y No hay relación / No se puede evaluar = 0, como se muestra desarrollado en el ranking de factores, representado en la Tabla XX.

TABLA XX. Ranking de Factores

Factores vs Ponderación	Ponderación	Unidad de residuos		Laboratorio de Ingeniería Industrial		Laboratorio de recursos		Área lote 5		Planta de tratamiento de agua		Contenedores	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
Transp. Insumos y PT	13,89	6	83,33333	6	83,33333	10	138,8889	2	27,77778	8	111,1111	2	27,77778
Prox. MP	11,11	10	138,8889	4	55,55556	10	138,8889	2	27,77778	8	111,1111	2	27,77778
MO	8,33	8	111,1111	8	111,1111	8	111,1111	8	111,1111	8	111,1111	8	111,1111
Terrenos	13,89	6	83,33333	8	111,1111	10	138,8889	4	55,55556	4	55,55556	4	55,55556
Desechos	11,11	6	83,33333	6	83,33333	6	83,33333	6	83,33333	6	83,33333	6	83,33333
Agua	13,89	6	83,33333	6	83,33333	10	138,8889	0	0	10	138,8889	0	0
Energía	13,89	10	138,8889	10	138,8889	10	138,8889	0	0	10	138,8889	0	0
Edificio	13,89	8	111,1111	10	138,8889	10	138,8889	0	0	0	0	4	55,55556
Total			833,3333		805,5556		1027,78		305,5556		750		361,1111

El resultado del modelo de decisión Ranking de factores, es el Laboratorio de Recursos Hídricos perteneciente al programa de Ingeniería Civil, ubicado en el primer piso del edificio “Guayacanes”, debido que cumple con la mayoría de los factores evaluados que serán explicados a continuación:

- La ubicación seleccionada se encuentra a pocos metros de la tienda principal “Mercadería”, sitio donde se realiza el inventario de los productos y su respectiva distribución al resto de tiendas de la Universidad, es decir que el transporte de insumos y producto terminado es de fácil acceso para la bodega de recepción de insumos, así como para la distribución del producto terminado en el que las vías internas de la universidad lo conectan fácilmente con la tienda principal “Mercadería”.
- La ubicación seleccionada es cercana con respecto a una fuente de insumos o materias primas que en este caso sería el muelle de Guayacanes.
- En este caso, cualquiera de las ubicaciones propuestas debe contar con un operario con las competencias y habilidades requeridas para el manejo de la línea de producción de agua embotellada.
- La ubicación seleccionada tiene el espacio adecuado para adaptar la planta, en cuanto a ubicación, topografía y dimensiones.
- Cualquier ubicación propuesta tiene los servicios de recolección de residuos, alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales cercanas, pero no cuenta con normas, legislaciones vigentes de salubridad y eliminación de desechos provenientes del proceso productivo, ni los niveles de impacto ya que aún no se tiene la obligación de tener estos requerimientos al no tener todavía una planta física, ni el proceso montado.
- La ubicación seleccionada cuenta con la conexión eléctrica específica que puede soportar el funcionamiento de la planta en cuanto al suministro de agua potable.
- En cuanto al factor edificio, la ubicación seleccionada tiene la infraestructura necesaria para poder albergar la planta, no obstante, se deben hacer unas adecuaciones para cumplir con las normas de seguridad y salud en el trabajo.

I. *Objetivos*

Objetivo General

Diseñar el sistema de distribución de planta de embotellado de agua en la Pontificia Universidad Javeriana mediante la metodología SLP (Systematic Layout Planning) con fines académicos.

Objetivo Específico

- Diagnosticar el sistema de planta de embotellamiento de agua, mediante la recolección de información, enfatizando las buenas prácticas.
- Analizar las técnicas y procesos de la planta de embotellamiento para identificar las áreas de mejora mediante la evaluación de los datos recolectados
- Diseñar la distribución de la planta de embotellado para aprovechar eficientemente el espacio físico mediante el uso de herramientas para el análisis de flujo de materiales, áreas funcionales y disposición física.
- Validar el diseño de distribución de planta mediante el uso de herramientas computacionales.

J. Plan de trabajo (PdT)

TABLA XXI. Plan de trabajo (PdT)

Objetivo	Área IISE	Herramientas de Ingeniería Industrial	Actividad	Entregable (alcance)	Fecha entrega
Diagnosticar el sistema de plantas de embotellamiento de agua, precisando sobre las buenas prácticas, a través de búsqueda de información.	Operations Research & Analysis	Estadística	Recolectar información mediante la utilización de herramientas como encuesta, bases de datos, toma de medidas e información en la red, etc. Con el fin de analizar el contexto actual.	Diagrama de Pareto, diagrama de distribución, informe estadístico descriptiva.	Viernes 10/11/2023
Analizar las técnicas y procesos de plantas de embotellamiento para identificar las áreas de mejora, equiparando la recolección de datos.	Facilities Engineering & Energy Management	Investigación de Operaciones, Ingeniería de métodos	Realizar un estudio de recorrido de la materia prima desde la bodega principal hasta la planta.	Informe sobre la aplicación del método y resultado.	Viernes 23/02/2024
	Facilities Engineering and Energy Management	Distribución de planta	Analizar las diferentes localizaciones que están dentro de la universidad evaluando cuantitativa y cualitativamente las condiciones y limitantes.	Informe sobre el dimensionamiento de instalaciones y localización de instalaciones.	Sábado 11/11/2023
	Facilities Engineering & Energy Management	Distribución de planta – Ranking de Factores	Evaluar las localizaciones disponibles en la universidad mediante los factores de distribución de planta en cada una de las localizaciones, para segmentar la localización factible.	Informe sobre la evaluación de alternativas mediante la aplicación del método utilizado y su resultado.	Sábado 11/11/2023
Diseñar la distribución de la planta de embotellado para maximizar el uso del espacio físico	Facilities Engineering & Energy Management	Distribución de planta	Seleccionar el tipo de distribución de planta mediante la evaluación utilizando diferentes	Diseño de distribución.	Viernes 08/03/2024

mediante el uso de herramientas para el análisis de flujo de materiales, áreas funcionales y disposición física.			técnicas o métodos.		
Validar el diseño de distribución de planta mediante el uso de herramientas computacionales.	Ergonomics and Human Factors	Ergonomía, Ingeniería de métodos	Estudio de métodos y análisis de procesos.	Cursograma analítico y diagrama Hombre-Máquina.	Viernes 12/04/2024
	Operations Research & Analysis	Simulación, Investigación de operaciones	Validar el funcionamiento de la planta de embotellado mediante el uso de herramientas computacionales.	Informe de resultados de la validación.	Viernes 17/04/2024

V.DISEÑAR

K. Desarrollo del diseño de la solución

Para desarrollar las alternativas de distribución de la planta de embotellado se consideró la ficha técnica de especificaciones del sistema de producción compuesto por la máquina *Monoblock*, el túnel de termo encogido a vapor, enfardadora semiautomática y la máquina etiquetadora, además de otros sistemas complementarios a la línea como los transportadores table top para envases (cintas transportadoras), sistema eléctrico y de control de velocidad, rotonda de acumulación y el sistema de inspección de llenado. De acuerdo con el documento suministrado por la empresa SANTECHS como se puede ver en las Tabla XXII, Tabla XXIII, Tabla XXIV Tabla XXV.

TABLA XXII. Ficha técnica *Monoblock*.

FICHA TÉCNICA	
ESPECIFICACIONES	MONOBLOCK M&M 8-83
Velocidad teórica	1300 BPH (500mL)
Rango de capacidad	200 mL a 1500 mL
Estaciones de lavado	8
Estaciones de llenado	8
Estaciones de tapado	3
Voltaje	220V +/-3%
Frecuencia	60HZ
No. Fases	3
Potencia	7 KW
Presión entrada de aire	0,5-0,7 Mpa-(70-100 PSI)
Consumo de aire	0,7-0,8 m ³ /min
Rango gasificación ^2	0-5 gr / l – (0-2,5 vol)
Rango contraprestación ^2	0,1 – 0,3 Mpa – (15 – 45 PSI)
Rango de temperatura bebida ^2	3 - 7 °C
Dimensiones (L*W*H)	2.0*2,40*3,0 mt
Peso	2.5 Ton

TABLA XXIII. Ficha técnica de *Funda Termo encogible*

FICHA TÉCNICA	
Tipo de etiqueta	Funda Termo-encogible
Voltaje	220V
Frecuencia	60 HZ
Nº de fases	3
Potencia	1,75 KW
Diámetro mínimo del envase	30 mm
Diámetro máximo del envase	125 mm
Dimensiones con banda (LxAxH) mt	3.40x0.50x1.50
Peso	300 KG

TABLA XXIV. Ficha técnica *Enfardadora semiautomática*

SELLADORA FRONTAL SEMIAUTOMÁTICA	
Presión de aire de trabajo (Kgf/cm ²)	.5 - 7
Longitud de sellado máximo (L*W)	650 mm
Temperatura de sellado	0 a 200 °C
Velocidad	2 a 5 ppm
Potencia	1.5 KW
Voltaje	2/220V/60Hz
Dimensiones (L*W*H)	925*1040*1920 mm
Peso	300 Kg

TABLA XXV. Ficha técnica *Etiquetadora.*

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Serie	M&M
Tipo de etiqueta	Funda termo encogible
Velocidad máxima	4000 envases hora (400ml)
Voltaje	220V
Frecuencia	60 HZ
Nº de fases	3
Potencia	1,75 KW
Diámetro mínimo del envase	30 mm
Diámetro máximo del envase	125 mm
Altura mínima de etiqueta	25 mm
Altura máxima de etiqueta	170 mm
Dimensiones (LxAxH) mm	4000*1200*2100
Peso	300 KG

En relación con lo anterior, se determinó que el sistema de producción de la planta de embotellado es un sistema continuo y su distribución se considera por proceso debido a las siguientes características:

- Las máquinas y equipos se ponen en línea.
- El proceso es automatizado por las máquinas, es decir, no necesitan de un operario para su funcionamiento.
- Se contempla una producción suficiente para tener botellas en inventario y se producirá para algunos laboratorios de las carreras mencionadas en el primer párrafo de la etapa DEFINIR.

De acuerdo con esto, se realiza el balanceo de la línea de producción de agua embotellada según el tiempo disponible, la demanda de botellas de la presentación de 1 L y 0,5 L como se muestra en las Tablas XXVI y XXVII, tiempo requerido de operación en cada proceso según literatura [24] y la cantidad de máquinas requeridas.

Inicialmente se tienen 5 estaciones de trabajo, laborando 5 días a la semana 8 horas por turno.

TABLA XXVI. Balanceo de la línea de producción con botellas de 1 L.

Estación de trabajo	Proceso	Operación	Tiempo disponible (seg/día)	Producción requerida (botellas/año)	Tiempo requerido (seg)	Maquinaria requerida
K=1	Lavado	Botellas	28800	2273	93,6	1
	Llenado	Botellas	28800	2273	159,6	1
	Tapado	Botellas	28800	2273	15,8	1
K=2	Etiquetado	Botellas	28800	2273	72,6	1
K=3	Empaquetado	Botellas	28800	2273	161	1

TABLA XXVII. Balanceo de la línea de producción con botellas de 0.5 L.

Estación de trabajo	Proceso	Operación	Tiempo disponible diario (seg/día)	Producción requerida (botellas)	Tiempo requerido (seg)	Maquinaria requerida
K=1	Lavado	Botellas	28800	6378	46,8	1
	Llenado	Botellas	28800	6378	79,8	1
	Tapado	Botellas	28800	6378	7,9	1
K=2	Etiquetado	Botellas	28800	6378	36,3	1
K=3	Empaquetado	Botellas	28800	6378	80,5	1

Con los datos anteriores y mediante las ecuaciones (7), (8) Y (9) se pudo determinar la tasa de producción deseada, el tiempo de ciclo, eficiencia y el número de estaciones recomendadas para mejorar la eficiencia.

A continuación, se presenta la definición de los elementos utilizados en las ecuaciones [25]:

TPD: Tasa de producción deseada.

(D/S): Días por semana.

(h/T): Horas por turno.

P: Procesamiento por hora de máquinas y operarios.

C: Tiempo de ciclo.

N: Número de estaciones.

t: Tiempo requerido

E: Factor eficiencia.

$$TPD = \frac{P}{\left(\frac{D}{S}\right) * \left(\frac{h}{T}\right)} \quad (7)$$

$$N = \frac{\sum_{n=1}^n t}{C} \quad (8)$$

$$E = \frac{\sum_{n=1}^n t}{N * C} \quad (9)$$

Para hallar el tiempo de ciclo se utilizó la ecuación 4, que se puede ver en la Tabla XIV indicadores de desempeño. Con los datos anteriores se obtienen los siguientes resultados representados en las Tablas XXVIII y XXIX.

TABLA XXVIII. Información balanceo de la línea de producción con botellas de 1 L.

Fórmulas	Valores	Unidades
Estaciones de trabajo	3	-
tasa de producción deseada	16,25	und/hora
Tiempo de ciclo	221,53	seg/und
número de estaciones	3	-
Eficiencia	76%	%

TABLA XIX. Información de balanceo de la línea de producción con botellas de 0.5 L.

Fórmulas	Valores	Unidades
Estaciones de trabajo	3	-
tasa de producción deseada	32,5	und/hora
Tiempo de ciclo	110,76	seg/und
número de estaciones	3	-
Eficiencia	76%	%

Según la información de las tablas anteriores (Anexo 3), se obtuvo que la eficiencia de la línea de producción de agua embotellada es del 76% para ambas presentaciones, lo que indica que se está produciendo una cantidad de botellas de agua suficiente dentro del tiempo especificado anteriormente [26].

De igual forma, se pretende analizar la capacidad de producción de la línea de agua embotellada ideal como se muestra en las Tabla XXX y XXXI, pero después se presentan las Tablas XXXII y Tabla XXIII con los valores teóricos según las ecuaciones (10), (11), (12) y (13).

A continuación, se presenta las definiciones de los elementos utilizados para determinar la capacidad del sistema [25]:

QE: Cantidad de elementos que ingresan a una determinada operación, para la correspondiente transformación.

QS: Cantidad de elementos que salen de una determinada operación, luego de haber recibido el procesamiento correspondiente, teniendo en cuenta; desperdicios, mermas o productos defectuosos.

Factor de conversión: Permite expresar cualquier cantidad procesada en producto terminado.

M: Número actual de máquinas y operarios.

U: Factor utilización

CBP: Cantidad de botellas proyectadas

PE: Producción esperada

CO: Capacidad de operación

CP: Capacidad de producción

Las ecuaciones utilizadas en las tablas son las siguientes [27]:

$$(D/S) = \frac{CBP}{P} \quad (10)$$

$$(h/T) = \frac{(D/S)}{8} \quad (11)$$

$$E = \frac{CBP}{PE} \quad (12)$$

$$PE = P * (h/T) \quad (13)$$

Nota: estas ecuaciones fueron adaptadas al problema según los datos que se tienen hasta el momento teniendo en cuenta que la planta no está instalada aún.

Para hallar la utilización se utilizó la ecuación 2, que se puede ver en la Tabla XIV indicadores de desempeño.

TABLA XXX. Capacidad de producción ideal de la línea de producción con botellas de 1 L.

Operación	QE		QS		P	M	(D/S)	(h/T)	T	U	E	F/QE	CO	CO*(F/QE)
	Cantidad entrante	und	Cantidad saliente	und										
Lavado	8	botellas	8	botellas	650	1	5	8	1	100%	76%	0,125	19662	2458
Llenado	8	botellas	8	botellas	650	1	5	8	1	100%	76%	0,125	19662	2458
Tapado	8	botellas	3	botellas	650	1	5	8	1	100%	76%	0,125	19662	2458
Etiquetado	3	botellas	1	botellas	4000	1	5	8	1	100%	76%	0,333	120996	40332
Empaquetac	1	botellas	12	botellas/lo	650	1	5	8	1	100%	76%	1	19662	19662

TABLA XXXI. Capacidad de producción ideal de la línea de producción con botellas de 0.5 L.

Operación	QE		QS		P	M	(D/S)	(h/T)	T	U	E	F/QE	CO	CO*(F/QE)
	Cantidad entrante	und	Cantidad saliente	und										
Lavado	8	botellas	8	botellas	1300	1	5	8	1	100%	76%	0,125	39324	4915
Llenado	8	botellas	8	botellas	1300	1	5	8	1	100%	76%	0,125	39324	4915
Tapado	8	botellas	3	botellas	1300	1	5	8	1	100%	76%	0,125	39324	4915
Etiquetado	3	botellas	1	botellas	4000	1	5	8	1	100%	76%	0,333	120996	40332
Empaquetac	1	botellas	24	botellas/lo	1300	1	5	8	1	100%	76%	1	39324	39324

En las Tabla XXX y Tabla XXXI, se observa que en una situación ideal la máquina monoblock y la etiquetadora trabajan 5 días a la semana en un turno de 8 horas con un 100% y una eficiencia del 76%. Para la línea de producción de botellas de 1 L presenta una capacidad de producción de 2458 botellas, mientras que para la línea de producción de botellas de 0,5 L presenta una capacidad de producción de 4915 botellas.

El cuello de botella de la línea de producción de agua embotellada es el proceso de Etiquetado donde le llegan 3 botellas del proceso de Tapado, pero solo sale 1 botella, claramente la máquina etiquetadora tiene una velocidad de procesamiento de 4.000 botellas por hora, lo que producirá tiempos de espera durante la práctica.

TABLA XXXII. Capacidad de producción teórica de la línea de producción con botellas de 1 L.

Operación	QE		QS		P	M	(D/S)	(h/T)	T	U	E	F/QE	CO	CO*(F/QE)
	Cantidad entrante	und	Cantidad saliente	und										
Lavado	8	botellas	8	botellas	650	1	5	8	1	92%	76%	0,125	18185	2273
Llenado	8	botellas	8	botellas	650	1	5	8	1	92%	76%	0,125	18185	2273
Tapado	8	botellas	3	botellas	650	1	5	8	1	92%	76%	0,125	18185	2273
Etiquetado	3	botellas	1	botellas	4000	1	5	8	1	92%	76%	0,333	111909	37303
Empaquetac	1	botellas	12	botellas/lo	650	1	5	8	1	92%	76%	1	18185	18185

TABLA XXXIII. Capacidad de producción teórica de la línea de producción con botellas de 0.5 L.

Operación	QE		QS		P	M	(D/S)	(h/T)	T	U	E	F/QE	CO	CO*(F/QE)
	Cantidad entrante	und	Cantidad saliente	und										
Lavado	8	botellas	8	botellas	1300	1	5	8	1	130%	76%	0,125	51028	6378
Llenado	8	botellas	8	botellas	1300	1	5	8	1	130%	76%	0,125	51028	6378
Tapado	8	botellas	3	botellas	1300	1	5	8	1	130%	76%	0,125	51028	6378
Etiquetado	3	botellas	1	botellas	4000	1	5	8	1	130%	76%	0,333	157008	52336
Empaquetac	1	botellas	24	botellas/lo	1300	1	5	8	1	130%	76%	1	51028	51028

Trabajando la misma cantidad de días y horas por turno que, en el caso ideal, se mira de la Tabla XXXII que la utilización es del 92% porque se usaron todas las boquillas de la máquina monoblock, y la eficiencia la da el balanceo de línea del 76%. Por lo anterior, la línea de producción de botellas de 1 L presenta una capacidad de producción de 2273 botellas aproximadamente, mientras que, si examinamos la Tabla XXXIII, se nota que se tiene una sobreutilización del 130% debido a que los tiempos teóricos son muy grandes para la operación de botellas de 0,5 L que presenta además una capacidad de producción de 6378 botellas aproximadamente.

De acuerdo con las observaciones realizadas anteriormente, se realiza un proceso de análisis jerárquico (AHP) mediante una plantilla de Excel suministrada en la clase de Operaciones I dictada por el profesor Álvaro Figueroa, como técnica estructurada para la toma de una decisión sobre un factor subjetivo, sobre el tipo de alternativa de distribución que debe llevar la línea de producción, para esto se utilizan los tres criterios más influyentes del proyecto, los cuales son: producto, cantidad y sistema productivo. El criterio producto, significa que la línea será de uno o varios productos, la cantidad es el número de productos capaces de producir la línea, el sistema productivo muestra los procedimientos utilizados para transformar una materia prima en

un producto final y el flujo de operaciones de eficiencia en cada proceso de la línea. Teniendo en cuenta cada factor, se define cada alternativa de distribución como se muestra en la Tabla XXXIV.

TABLA XXXIV. Factor vs Alternativa de distribución.

	Posición Fija	Producto	Proceso	Celda de Manufactura
Producto	Esta distribución se adapta mejor a productos únicos o altamente personalizados, como grandes proyectos (barcos, aviones), estructuras complejas, etc. El producto permanece estático, y los recursos y trabajadores se mueven alrededor de él.	Esta distribución es óptima para la producción de pocos productos o productos muy estandarizados en grandes volúmenes. La estandarización permite una secuencia de producción altamente eficiente.	Adecuada para entornos donde se fabrican varios productos o se ofrecen distintos servicios. Es común en operaciones que producen productos estandarizados en pequeñas a medianas cantidades o que requieren una gran flexibilidad en la producción.	Esta distribución es acorde para la producción de varios productos. Asimismo, la estandarización permite una secuencia de producción altamente eficiente.
Cantidad	Se utiliza cuando se elabora solo una unidad o cantidades limitadas, según lo solicitado por el cliente. Es ideal para proyectos a pedido con especificaciones únicas.	Es la más adecuada para grandes volúmenes de producción, donde la eficiencia y la minimización del tiempo de ciclo son críticas.	Funciona bien tanto para cantidades intermitentes como para la producción de lotes (batch). Puede ajustarse a diferentes volúmenes de producción, pero no es el más eficiente para grandes volúmenes de un solo producto debido a los tiempos de espera y movimiento entre procesos.	Es adecuada cuando se realizan volúmenes de producción altos. Donde se busca la reducción de tiempos, mano de obra y material en desperdicio.
Sistema productivo	Relacionado con sistemas productivos por proyectos o cuando el producto es tan grande o complejo que no se puede mover. En este caso, el flujo de trabajo y los recursos deben organizarse alrededor del producto.	Se utiliza en sistemas de producción continua o en líneas de ensamble/producción. Aquí, el proceso está altamente estructurado y el producto fluye de una estación de trabajo a la siguiente en una secuencia lógica y eficiente, minimizando los tiempos de espera y los movimientos innecesarios.	Se alinea con sistemas productivos por lotes, batch o talleres. En este arreglo, las máquinas o estaciones de trabajo con funciones similares se agrupan. El producto se mueve entre los diferentes grupos según el proceso requerido, lo cual puede generar recorridos más largos y tiempos de producción variables.	El sistema de distribución de la planta es por procesos, sin embargo, dentro de la celda de producción el sistema de producción es continuo.

Flujo de operaciones	En posición fija se llevan los recursos necesarios al lugar donde se realizará el trabajo. En esta distribución, los materiales, la mano de obra, los equipos y cualquier otro elemento necesario se trasladarán al sitio fijo donde se realizará la producción o la tarea en cuestión.	Las operaciones se organizan de manera secuencial, siguiendo el flujo del producto a lo largo de la línea de producción. Cada estación de trabajo se especializa en una tarea específica, lo que permite una alta eficiencia en la producción en masa	Las operaciones se organizan según las tareas o procesos requeridos para fabricar un producto. Cada departamento o área se especializa en una etapa particular del proceso, lo que permite una mayor flexibilidad para producir una variedad de productos.	Se organiza en torno a células de producción autónomas y multifuncionales. Cada célula está compuesta por un grupo de máquinas y operarios que trabajan juntos en la fabricación de un conjunto de productos o componentes.
----------------------	---	---	--	---

Con estos criterios establecidos para el proyecto, se construye una jerarquía que refleja la relación entre el objetivo principal y los criterios secundarios. Se asignan pesos a cada criterio para indicar su importancia relativa en relación con el objetivo principal de acuerdo con la Tabla XXXV.

TABLA XXXV. Juicio verbal de preferencia.

Juicio verbal de preferencia	Valor numérico
Preferencia igual	1
Preferencia igual a moderada	2
Preferencia moderada	3
Preferencia moderada a fuerte	4
Preferencia fuerte	5
Preferencia fuerte a muy fuerte	6
Preferencia muy fuerte	7
Preferencia muy fuerte a extrema	8
Preferencia extrema	9

Se construyen matriz de comparación representada en la Figura XXV, para evaluar la importancia relativa de cada par de criterios.

Comparación de alternativas según criterios					Factor subjetivo				1	2	*[2]/(1)
Matriz de comparación por pares					Matriz Normalizada				Vector Prioridades	Vector Ponderado	Vector Consistencia
Criterios	Producto	Cantidad	Sistema productivo	Celdas de manufactura	Producto	Cantidad	Sistema productivo	C. Manufactura			
Producto	1	1/4	1/7	1/3	0,07	0,03	0,03	0,15	7%	0,30	4,19
Cantidad	4	1	1/5	1/2	0,27	0,12	0,05	0,23	17%	0,72	4,35
Sistema productivo	7	5	1	1/3	0,47	0,61	0,23	0,15	36%	1,82	5,01
Flujo de operaciones	3	2	3	1	0,20	0,24	0,69	0,46	40%	2,04	5,11
Totales	15,00	8,25	4,34	2,17	1,00	1,00	1,00	1,00	100%		

Figura XXV. Matriz de comparación por pares.

La matriz de pares comparada es consistente y muestra que el factor con más prioridad de selección es el flujo de operaciones con un 40% de importancia en la decisión, luego está el factor de sistema productivo con un 36% de importancia y, por último, está la cantidad y el producto con un 17% y 7% respectivamente. Teniendo esto se evalúan las siguientes alternativas de tipos de distribución mediante los respectivos criterios de cada uno, donde se evalúan dentro de una matriz de preferencias con respecto a la siguiente escala de calificación:

TABLA XXXVI. Escala de calificación de la matriz preferencia.

Escala	Calificación	Justificación
0	Deficiente	No cumple con los requerimientos que exige la alternativa de distribución.
1	Aceptable	Cumple con la mayoría de los requerimientos que exige la alternativa de distribución por lo que puede funcionar sin ningún problema en la misma.
2	Excelente	Cumple satisfactoriamente todos los requerimientos que exige la alternativa de distribución.

Posteriormente se muestran los resultados de la matriz preferencia:

MATRIZ DE PREFERENCIAS PARA SELECCIÓN DE PRODUCTOS/SERVICIOS									
Criterios de selección	Peso ponderado del criterio (Según AHP)	Alternativas de distribución planta de embotellado							
		Posición Fija		Producto		Proceso		Distribución Celdas	
		Calificación	Puntos	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos
Producto	7%	0	0	2	14	2	14	1	7
Cantidad	17%	0	0	1	17	2	34	0	0
Sistema productivo	36%	0	0	2	72	0	0	1	36
Flujo de operaciones	40%	0	0	1	40	1	40	2	80
Totales	100%	0		143		88		123	
Alternativa seleccionada		NO SELECCIONADA		Producto		NO SELECCIONADA			

Figura XXVI. Matriz de preferencias para la selección de Productos/Servicios.

Según lo anterior, podemos concluir que el método más factible para la distribución de la línea de embotellado es la alternativa de distribución por producto porque:

- El proceso propuesto para producir agua embotellada es de flujo secuencial lineal, secuencia ordenada y consecutiva de pasos o tareas realizadas para completar una operación o servicio, ya que se considera un proceso estable y predecible.
- La propuesta es que la línea sea altamente estandarizada para la exclusiva producción de agua embotellada, es decir estandarización a un número limitado de productos.
- Aunque la línea es más pensada para el ámbito académico, la idea es que intente simular la producción de grandes volúmenes de producto.
- De la misma forma, este tipo de distribución requiere de una planificación y un control estrictos para asegurar que el flujo de materiales sea continuo y eficiente.

Se realiza el cursograma analítico para representar todas las acciones propuestas para el desarrollo del proceso, mostrando la trayectoria del producto e incluyendo los tiempos requeridos para cada acción y las distancias recorridas para los tipos de presentaciones de las botellas con agua (0,5 y 1 L).

CURSOGRAMA ANALÍTICO				Operario / Material /					
Diagrama no. 1				Resum					
Producto: botellas de 1 L				Actividad	Actual	Propuesto	Economía		
Actividad: fabricación botellas con agua.				Operación					
Método: actual / propuesto				Inspección					
Lugar: Laboratorio de recursos hídricos				Espera					
Operario: jefe de laboratorio				Transporte					
Fecha: 01/04/2024				Almacenamiento					
Compuesto por: Equipo de trabajo Aprobado por:				Distancia (mts.)					
Ficha no. 1				Tiempo (hrs.-hom.)					
				Costo					
				Mano de obra					
				Material					
				TOTAL					
DESCRIPCIÓN	Cantidad	Distancia	Tiempo (min)	○	□	D	⇒	▽	OBSERVACIONES
Almacenamiento MP botellas de 1 L.			20						
Flujo del agua que está en el tanque hacia la línea.			0,0333						
Ubicar las botellas (MP) en la máquina.			1	●					
Ejecución de lavado de botellas.			1,56	●					
La máquina monoblock llena las botellas de líquido.			2,66	●					
Seguidamente la maquina tapa las botellas.			0,26	●					
La máquina etiquetadora ubica en las botellas la etiqueta.			1,21	●					
Se procede al empaque de las botellas.			2,683	●					
Las botellas empacadas se llevan a estibas de almacenamiento de PT.			1					●	
Almacenamiento de botellas de 1 L.			10					●	
TOTAL			40,40	6	0	0	2	2	

Figura XXVII. Cursograma Analítico botellas 1 lt

CURSOGRAMA ANALÍTICO				Operario / Material /					
Diagrama no. 1				Resum					
Producto: botellas de 0,5 L				Actividad	Actual	Propuesto	Economía		
Actividad: fabricación botellas con agua.				Operación					
Método: actual / propuesto				Inspección					
Lugar: Laboratorio de recursos hídricos				Espera					
Operario: jefe de laboratorio				Transporte					
Fecha: 01/04/2024				Almacenamiento					
Compuesto por: Equipo de trabajo Aprobado por:				Distancia (mts.)					
Ficha no. 1				Tiempo (hrs.-hom.)					
Fecha: 01/04/2024				Costo					
Fecha: 01/04/2024				Mano de obra					
Fecha: 01/04/2024				Material					
Fecha: 01/04/2024				TOTAL					
DESCRIPCIÓN	Cantidad	Distancia	Tiempo (min)	○	□	◇	⇨	▽	OBSERVACIONES
Almacenamiento MP botellas de 0,5 L.			20						
Flujo del agua que está en el tanque hacia la línea.			0,0333						
Ubicar las botellas (MP) en la máquina.			1						
Ejecución de lavado de botellas.			0,78						
La máquina monoblock llena las botellas de líquido.			1,33						
Seguidamente la maquina tapa las botellas.			0,13166						
La máquina etiquetadora ubica en las botellas la etiqueta.			0,605						
Se procede al empaque de las botellas.			1,34						
Las botellas empacadas se llevan a estibas de almacenamiento de PT.			1						
Almacenamiento de botellas de 0,5 L.			10						
TOTAL			36,21	6	0	0	2	2	

Figura XXVIII. Cursograma Analítico botellas 0,5 lt

Con el diagrama Hombre-Maquina, se pretende visualizar y comprender el flujo del proceso de trabajo en el entorno de producción de la embotelladora de agua y analizar la interacción entre el operario y las maquinas, para determinar el método efectivo en el que el operario trabajará con su día. Así se logrará identificar posibles cuellos de botella en el proceso, pero es indispensable mencionar que las máquinas son automáticas y están organizadas en línea, lo que impide mejorar el tiempo entre los operarios y las máquinas como se muestra en la Figura XXIX.

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA					
Hoja N° __ 1 __ De: __ 1 __ Diagrama N°: __ 01 __			Proceso:		Embotelladora de agua en la universidad Javeriana Cali
Fecha:		abr-24	Elaborado por:		Grupo 2023-204
Area:		Produccion botellas	Operario:		Encargado del laboratorio I
Tiempo (minutos)	Operario		Maquina Monoblock (M1)		Maquina Etiquetado (M2)
	Uso	Actividad	Uso	Actividad	Uso
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11	20	Almacenamiento de MP en su respectiva bodega	20	Tiempo de ocio	
12					
13					
14					
15					30
16					Tiempo de ocio
17					
18					
19					
20					
21					
22	2	Carga de MP a M1	2	Carga de MP por operario	
23					
24					
25			3	Lavado	
26					
27					
28			4	Llenado	
29					
30	10	Tiempo de ocio			
31					
32			1	Tapado	
33					
34					
35					2
36					Etiquetado
37					
38					
39	5	Descarga PT de M2			5
40					Descarga de PT
41					
42					
43			17	Tiempo de ocio	
44					
45					
46					
47					
48	10	Almacenamiento de PT en bodega			10
49					Tiempo de ocio
50					
51					
52					
53					

Figura XXIX. Diagrama Hombre-Máquina.

Según el diagrama hombre-máquina, se observan tiempos de ocio significativos, especialmente en la máquina Etiquetadora (M2), con 40 minutos de tiempo ocioso, y en la máquina Monoblock (M1), con 37 minutos. Además, el operario presenta 10 minutos de tiempo ocioso. Para mejorar el tiempo de alistamiento teórico, se han implementado los pasos simplificados del método SMED el cual es una metodología que ayuda a las organizaciones a reducir significativamente los tiempos de cambio en sus procesos de producción, mejorando así la eficiencia, flexibilidad y productividad. Este método se aplica para ambas presentaciones de producto. Este enfoque nos permite analizar cómo mejorar estos tiempos en el futuro. Los detalles se pueden observar en la Tabla XXXVII.

TABLA XXXVII. Pasos SMED

Formato SMED								
Paso 1 observar y documentar el alistamiento					Paso 2			Pasos 3, 4 y 5: volver operaciones internas externas,organizar operaciones Internas y acortar operaciones externas
Descripción	Responsable	Tiempos en minutos				Definir operaciones internas, externas e internas convertibles a externas		
		Operación	Espera	Transporte	Inspección	Operación interna	Operación externa	Operación potencialmente externa
Almacenamiento de Materia Prima en su respectiva bodega	Operario 1	20					x	
Carga de Materia Prima a Maquina Monoblock	Operario 1			2			x	
Proceso en la Monoblock Lavado	Operario 1		3			x		
Proceso en la Monoblock Llenado	Operario 1		4			x		
Proceso en la Monoblock Tapado	Operario 1		1			x		
Proceso en la etiquetadora Etiquetado	Operario 1		2			x		
Descarga de Producto Terminado en la Maquina de Etiquetado	Operario 1	5					x	
Almacenamiento de Producto Terminado en su respectiva bodega	Operario 1			10			x	

Paso 6 crear un nuevo proceso de alistamiento								
Descripción	Responsable	Tiempos en minutos				Marque con una X		
		Operación	Espera	Transporte	Inspección	Operación interna	Operación externa	Operación potencialmente externa
Se puede dejar parte del alistamiento de la materia prima listo el día anterior	Operario 1	10					x	

Luego de haber desarrollado los pasos se llega a la conclusión que la operación los tiempos de almacenamiento de materias primas (MP) pueden mejorarse, teniendo en cuenta que el día anterior se puede alistar y almacenar, lo anterior se da dependiendo del lugar donde se ubique la bodega de materias primas (MP). De igual forma, para la operación de Almacenamiento de producto terminado (PT) el tiempo depende de donde este ubicado y del método de transporte que se use para transportar las cajas con las botellas de agua, Debido a esto más adelante se pretende realizar 2 propuestas de distribución considerando la ubicación de las bodegas. Finalmente, el tiempo referente a la descarga de las botellas de agua se puede mejorar empleando algún método donde para el operario le sea más fácil y rápido efectuar esa actividad.

Área de los departamentos y pasillos.

Una vez establecidos los diagramas mostrados anteriormente donde se explica las operaciones que se llevaran a cabo en el proceso de producción de la planta embotelladora de agua, se procedió a calcular el espacio necesario para cada área de trabajo. Este cálculo se basó en las dimensiones de las máquinas y los demás elementos que estarían presente en determinado espacio, se usaron las siguientes fórmulas [25]:

Ar: Área que se ocupa.

L: Largo.

A: Ancho.

$$Ar = L * A \tag{14}$$

AT: Área de tolerancia.

Ar: Área.

T: Porcentaje de tolerancia de utilización.

$$AT = Ar + (Ar * (1 - T)) \tag{15}$$

A: Área utilizada.

AT: Área de tolerancia.

R: Numero de recursos usados.

$$A = AT * R \quad (16)$$

AP: Área de los pasillos.

A: Área utilizada.

P: Porcentaje de utilización de los pasillos.

$$AP = A * P \quad (17)$$

ATT: Área total calculada del departamento.

A: Área utilizada.

AP: Área de los pasillos.

$$ATT = A * AP \quad (18)$$

Aplicando las ecuaciones (14), (15), (16), (17), (18) se obtuvieron los siguientes resultados en los que se evidencia el valor de las tres áreas en donde estarían los diferentes departamentos, según las Tablas XXXVIII, XXXIX y XL.

TABLA XXXVIII. Área para Administración.

Area Administrativa	Recurso	Dimensiones mtrs		Area(m ²)	Tolerancia (60%)	Area Utilizada	Area del pasillo 50%	Area total
		Largo	Ancho					
Dep. Calidad	Escritorio	1,8	0,6	1,08	1,512	1,512	0,756	2,268
Suma Area (m ²)								2,268

TABLA XXXIX. Área para producción.

Area Producción	Recurso	Dimensiones mtrs		Area(m ²)	Tolerancia (80%)	Area Utilizada	Area del pasillo 15%	Area total
		Largo	Ancho					
Dep. Operaciones	Monoblock	2	2,4	4,8	5,76	5,76	0,864	6,624
Dep. Etiquetado	Etiquetadora	4	1,2	4,8	5,76	5,76	0,864	6,624
Dep. Calidad	Termoencogido	3,4	0,5	1,7	2,04	2,04	0,306	2,346
Sumal Area (m ²)								15,594

TABLA XL. Área para almacenamiento.

Area Almacenamiento.	Recurso	Cantidad	Dimensiones mtrs		Area(m ²)	Tolerancia (60%)	Area Utilizada	Area del pasillo 5%	Area total
			Largo	Ancho					
Dep. Materia Prima.	Estiba para 1 L	2	1,6	3,6	5,76	8,064	16,128	0,8064	16,9344
	Estiba para 0,5 L	2	0,8	1,8	1,44	2,016	4,032	0,2016	4,2336
Dep. Producto Terminado	Estiba para 1 L	2	1,6	3,6	5,76	8,064	16,128	0,8064	16,9344
	Estiba para 0,5 L	2	0,8	1,8	1,44	2,016	4,032	0,2016	4,2336
Suma Area (m ²)									42,336

Según las Tablas XXXVIII, XXXIX y XL, se aclara que el porcentaje de tolerancia es diferente para cada área según las consideraciones deseadas por los participantes del grupo y porque se desconoce el porcentaje error, ya que no se puede evidenciar

la ocupación real de los departamentos en cada área. A su vez se esclarece que los porcentajes de utilización de los pasillos están basados a obtener un pasillo de 1,20 de acuerdo como se menciona en NTC 4140 [28].

Mencionado lo anterior se utilizó la ecuación (3) para calcular el espacio requerido para que se lleve a cabo el proyecto.

ER: espacio requerido.

AU=Área utilizada (M^2) sumas de las áreas.

AT=Área total (M^2) del laboratorio de recursos hídricos.

$$ER = \frac{60,198}{197,34} = 0,3050 \quad (3)$$

Se obtuvo se tendría un 31% de ocupación de acuerdo con las sumas de las diferentes áreas, por ende, se tiene que hay un restante de 69% para poder aprovechar y utilizar para ubicar otros elementos que se consideren utilizar en el espacio, esto significa que el laboratorio que es la ubicación actual si cumple y se podría llevar a cabo el proyecto y montaje de la planta de embotellado.

Para la realización de dos propuestas para la ubicación de las áreas y departamentos de la línea, se utiliza el algoritmo de CORELAP (Computerized Relationship Layout Planning), este es un método clásico de diseño de distribución en planta que se basa en una matriz de relación entre departamentos que los distribuye de manera que aquellos con mayor relación de cercanía estén lo más cerca posible. Asigna valores numéricos a las diferentes relaciones de cercanía entre departamentos y calcula una puntuación total de cercanía (TCR) para cada departamento sumando esos valores. Luego, de forma iterativa ubica el departamento con mayor TCR en el centro y continúa colocando los demás de acuerdo con su TCR y optimizando su posición según la función objetivo.

Primero, se declaran los departamentos que componen la planta con sus respectivas definiciones:

- Departamento de calidad: Este departamento se encarga de asegurar el cumplimiento de los estándares y políticas de calidad. Sus principales funciones incluyen la gestión de documentos, la realización de auditorías internas, el diseño e implementación de acciones correctivas, y la evaluación de riesgos.
- Departamento de producción: Es el encargado del lavado, llenado con la cantidad precisa de agua purificada y el tapado de las botellas, según las especificaciones del producto y las normas de calidad, además se deben encargar del mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas llenadoras, y de la limpieza y sanitización de la zona de trabajo.
- Departamento de etiquetado: Este departamento se encarga de la aplicación y gestión de etiquetas para los productos que ofrece la empresa. Sus funciones principales se centran en la implementación de las etiquetas con la información correspondiente al cumplimiento del marco normativo y regulatorio aplicables a la industria y al mercado objetivo (Información del producto, composición, ingredientes, instrucciones de uso, información de seguridad...etc.).
- Departamento de empaquetado: Este se encarga de la preparación y protección de los productos para su almacenamiento, transporte y distribución. Sus funciones se centran en la preparación del empaque, empaque del producto y la gestión del inventario de producto terminado.
- Departamento de recepción de materia prima: se encarga de la recepción, inspección, control de calidad y almacenamiento de las materias primas que se utilizan en el proceso productivo.
- Departamento de despacho de producto terminado: se encarga de preparar y enviar los productos finales a los clientes.

Se procede a realizar el diagrama de relación entre departamentos, para identificar el respectivo grado de acercamiento o importancia de una estación con otra, por medio de la metodología expuesta por Muther (1970, p. 26 - 270). Para esto se utilizan los códigos de cercanía y razón de cercanía que muestra la metodología como se puede observar en las Tablas XLI y XLII.

TABLA XLI. Código de acercamiento según la importancia del departamento.

Código	Definición
A	Absolutamente necesario
E	Muy importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin Importancia
X	No deseable

TABLA XLII. Razones de cercanía entre departamentos.

Código	Razón
1	Utilizan la misma información
2	Comparten el mismo personal
3	Comparten el mismo espacio
4	Existe algún grado de contacto personal
5	Existe contacto a través de documentos escritos
6	Secuencia de flujo de trabajo
7	Realizan trabajo similar
8	Utilizan el mismo equipo
9	Posibles situaciones desagradables






Teniendo en cuenta los respectivos códigos, se procede a realizar la primera propuesta utilizando un método al azar, en el que desarrollamos la matriz de relaciones utilizando Excel, con el que se indica que la prioridad en los procesos de calidad estaría centrada, de la misma forma se requiere una prioridad alta con el despacho de producto terminado y a la producción en general, también se otorga una prioridad normal a recepción de materias primas con respecto a las otras variables, por último se le impone a las etapas de etiquetado y empaçado prioridades importantes. Teniendo esto claro se efectúa la matriz de relaciones con la respectiva importancia y las razones que pueden justificar su estatus con respecto a otras variables.

Calidad						
Producción	I 5,6,7					
Etiquetado	I 5,6,7	A 1,3,6				
Empacado	I 5,6,7	A 1,3,6	A 1,3,6			
Rec. MP	U	E 1,3,6	E 3,6	E 1,3,6		
Desp. PT	U	E	A	A	I	
	...	6	6	6	1,7	
	Calidad	Producción	Etiquetado	Empacado	Rec. MP	Desp. PT

Figura XXX. Matriz de relaciones propuesta 1.

Para complementar y comprender las razones de cercanía, utilizando la siguiente simbología de colores como se puede ver en la Tabla XLIII y la simbología con respecto a las figuras como se puede ver en la Figura XXXI.

TABLA XLIII. Simbología para cada código de cercanía.

Código	Definición	Color
A	Absolutamente necesario que los departamentos este uno junto al otro	
E	Especialmente importante	
I	Importante	
O	Ordinariamente importante	
U	Sin importancia	
X	No deseable	

Simbología



Figura XXXI. Simbología de actividades.

Se elabora el diagrama de relacional de actividades de la propuesta 1 representado en la Figura XXXII.

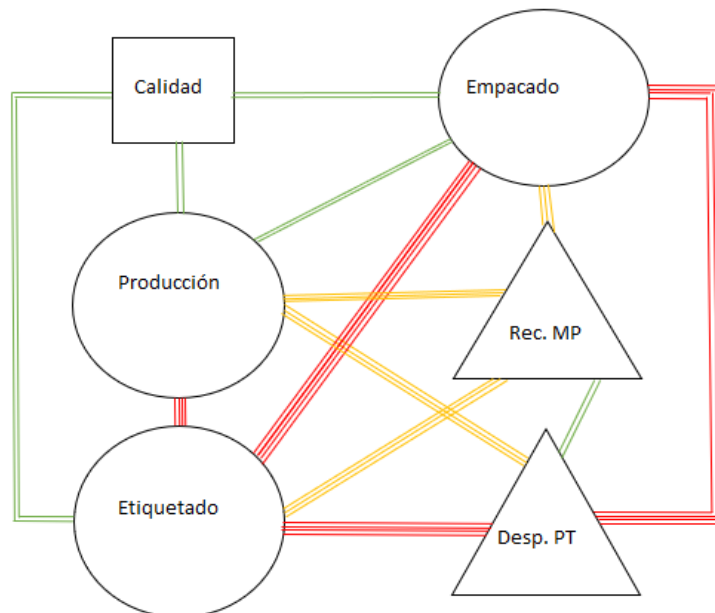


Figura XXXII. Diagrama relacional de actividades de la propuesta 1.

Con esta propuesta se hace críticamente necesario que los departamentos de producción, etiquetado, empaçado y producto terminado estén lo más juntos posibles, principalmente por el flujo secuencial de la línea y porque mueven todo el mismo material.

De la misma forma se hace muy importante la interacción de la materia prima con los departamentos de producción, etiquetado y empacado por el flujo de material a través del proceso. Por otro lado, aunque no es prioritario, se puede afirmar que los departamentos de producción, etiquetado y empacado deben tener cierto acercamiento al departamento de calidad, ya que este certifica de manera visual y escrita que el proceso se esté realizando adecuadamente. Asimismo, no se le proporciona importancia a la relación entre los departamentos de recepción de materias primas y despacho con calidad porque se cree que la relación de la calidad del producto se debe certificar con el empacado del producto final.

A partir esto, se realizan dos propuestas con diferencias entre la importancia en la cercanía entre ciertos departamentos utilizando el software CORELAP, para determinar la distribución de planta más factible. Primero en el software solicita los nombres de los departamentos y sus respectivos metros cuadrados requeridos, además de la importancia de cercanía desarrollado en el diagrama de relaciones y el puntaje otorgado por código de cercanía como se muestra en la Tabla XLIV.

TABLA XLIV. Puntaje relación de cercanía.

Código	Peso	Relación de cercanía
A	100	Absolutamente necesario
E	80	Especialmente importante
I	65	Importante
O	40	Ordinaria
U	10	Sin importancia

Primera Alternativa de distribución

Para la optimización en la distribución del diseño de planta, se aplica el software CORELAP, en el cual se utilizan los valores en m2 de los tamaños definidos en la determinación de las áreas de los departamentos y pasillos adjuntos en el anexo 7, esto junto a la matriz de relaciones que se hizo anteriormente como se muestra en la Figura XXXIII.

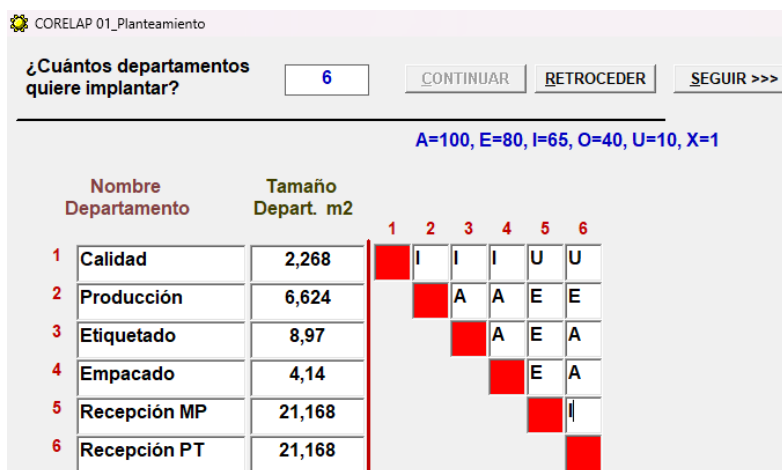


Figura XXXIII. Planteamiento de primera alternativa obtenida por CORELAP.

El método calcula la calificación total de cercanía TCR (Total closeness rating), para cada uno de los departamentos con la tabla del puntaje de la relación de cercanía mostradas en la Tabla XXXIV, con esto el algoritmo realiza una optimización en la distribución de los departamentos, ordenándolos desde mayor a menor TCR como se puede observar en la siguiente Figura XXXV. Se aclara que los dos primeros departamentos al tener el mismo valor de TCR, se tendrá preferencia aquel de mayor dimensión.

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA			
Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	Etiquetado	445	8,97
2.-	Empacado	445	4,14
3.-	Producción	425	6,624
4.-	Despacho PT	355	21,168
5.-	Recepción MP	315	21,168
6.-	Calidad	215	2,268

Solución Gráfica

Calcular Iteraciones

Superficie Requerida < Superficie Disponible

Superficie Requerida: 64,338

Superficie Disponible: 197,34

Figura XXXIV. Ordenación de los departamentos por importancia obtenida por CORELAP

Finalmente, así quedaría la representación gráfica de la distribución más óptima, bajo las condiciones de importancia que se da a esta primera propuesta.

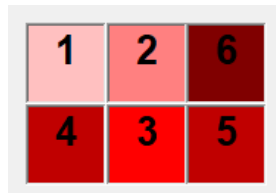


Figura XXXV. Representación gráfica de la propuesta #1 obtenida por CORELAP.

En esta representación se observa cómo queda la distribución de los departamentos, los cuales posteriormente se ilustrarán en un plano. El proceso inicia en el área de materias primas (5), de ahí circula por el monoblock donde pasa primero por el proceso de lavado, llenado y tapado en el monoblock (3), luego de tener el líquido envasado pasa a ser etiquetado (1), y de ahí las botellas pasan al proceso de empacado (2), en estas primeras tres áreas el área de calidad (6) observa y certifica la inocuidad del producto. Finalmente, las botellas ya empacadas pasan al proceso de almacenamiento en la bodega de producto terminado (4).

Segunda alternativa de distribución

Para la segunda alternativa, se decide otorga más importancia a la relación entre los departamentos de recepción de materias primas y despacho con el de calidad por una razón de evitar situaciones desagradables con la inocuidad del producto. Por otra parte, se decide disminuir importancia entre la relación del departamento de llenado con el despacho de producto terminado, de esta forma la matriz de relaciones queda de la siguiente manera:

Calidad						
Producción	I					
Etiquetado	5,6,7	A				
Empacado	5,6,7	1,3,6	A			
Bodega MP	...	1,3,6	3,6	E	E	
Bodega PT	...	6	6	6	1,7	I
	Calidad	Producción	Etiquetado	Empacado	Bodega MP	Bodega PT

Figura XXXVI. Matriz de relaciones propuesta 2.

Para complementar y comprender las razones de cercanía, se elabora el diagrama de relaciones, utilizando la siguiente simbología de colores.

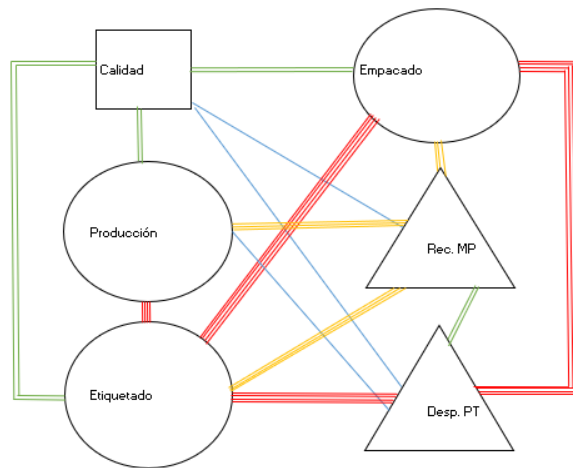


Figura XXXVII. Diagrama relacional de actividades para propuesta 2.

Para esta segunda propuesta de optimización de la distribución de planta, se realizan unos cambios en la importancia de la relación de algunos departamentos, por lo que se hace una nueva matriz de relaciones que queda como se muestra en la Figura XXXVIII.



Figura XXXVIII. Planteamiento de segunda alternativa obtenida por CORELAP

En este caso para la segunda propuesta hay una ligera variación en el TCR que no logra modificar las posiciones, por lo tanto, su cambio no es tan significativo y no agrega valor con respecto a la primera alternativa como se ve en la siguiente Figura XXXIX.

CORELAP 01_Presentación Resultados

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA

Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	Etiquetado	445	8,97
2.-	Empacado	445	4,14
3.-	Producción	385	6,624
4.-	Despacho PT	345	21,168
5.-	Recepción MP	345	21,168
6.-	Calidad	275	2,268

Calcular Iteraciones

 Superficie Requerida < Superficie Disponible

 Superficie Requerida:

 Superficie Disponible:

Figura XXXIX. Ordenación de los departamentos por importancia obtenida por CORELAP.

Con respecto a la propuesta anterior, la TCR de los departamentos de calidad y recepción aumentaron por el incremento de su importancia, y el despacho de producto terminado disminuyó. Esto hace que los dos últimos departamentos mencionados anteriormente queden con valores iguales en el TCR y superficie en m2, lo que hace que no sea significativo si quedan entre el 4 o 5to puesto en el orden jerárquico del método.

Finalmente, así quedaría la representación gráfica de la distribución más óptima, bajo las condiciones de importancia que se da a esta primera propuesta.

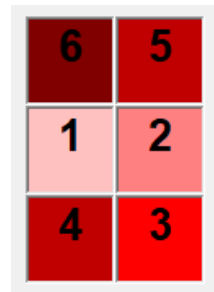


Figura XL. Representación gráfica de la propuesta #2 obtenida por CORELAP.

En esta representación se observa que como el proceso inicial en el área de materias primas (5), pasa de transición por área de empacado (2) al monoblock donde tiene que pasar primero por el proceso de lavado, llenado y tapado de las botellas (3), luego se devuelve al área de empacado de las botellas (2) y el respectivo etiquetado (1), es aquí donde el área de calidad observa y certifica la inocuidad del producto (6), con esto pueden pasar a su destino final en el área de despacho (4).

La diferencia principal entre ambas propuestas se centra en la ubicación del departamento de calidad, es aquí donde se observa que, en la segunda propuesta, entre la recepción de materias primas y el llenado se realiza un movimiento extra innecesario por el área de empacado, lo que se convierte en una desventaja en la operación, adicionalmente el área de calidad tiene cercanía con departamentos que no son significativos al momento de evaluar la calidad del producto. En vista de lo anterior, se decide que la mejor decisión opte por la propuesta #1 de optimización de la distribución de la planta.

A partir del procedimiento anterior, se plasma en un diagrama de recorrido, la propuesta elegida que se ve en la siguiente Figura XLI, para mayor comprensión de la distribución de los departamentos de la planta con su respectiva explicación de cada actividad, se podrá ver en la Figura XLII.

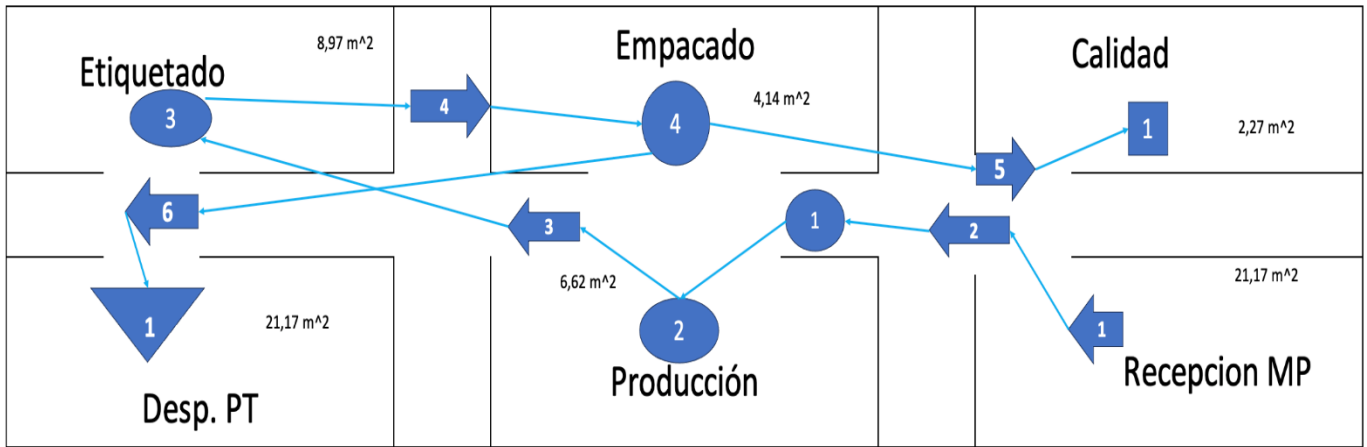


Figura XLI. Diagrama de recorrido según la distribución de sus áreas.

Orden de los procesos dentro del diagrama de recorrido:	
1 →	Operario se desplaza de Rec. MP
2 →	Traslada los materiales seleccionados a la zona de lavado
1 ○	Deja los materiales en el inicio del proceso de la máquina monoblock producción
2 ○	Inicia el proceso de lavado, llenado y tapado de las botellas
3 →	Traslada a etiquetado de las botellas
3 ○	Inicia el proceso de etiquetado
4 →	Se trasladan las botellas a la zona de empacado
4 ○	Inicia el proceso de empacado
5 →	Se traslada pequeñas muestras del producto al área de calidad
1 □	El área de calidad en los procesos anteriores verifica que todo este saliendo en orden
6 →	Se tralada a la zona de producto terminado
1 ▽	Almacenamiento de producto terminado

Figura XLII. Orden procesos dentro del diagrama de recorrido según la distribución de sus áreas.

Para la distribución de las máquinas en el espacio escogido, se tiene como propuestas realizarlo en forma de U o en O, las diferencias radican en que la distribución en U facilita la comunicación y la colaboración entre los trabajadores, minimiza la distancia de transporte entre estaciones de trabajo y es ideal para líneas de producción con alta variabilidad o personalización. Sin embargo, requiere más espacio debido a la forma curva y puede ser menos eficiente para procesos altamente especializados; la

distribución en O minimiza la distancia de transporte, ya que todas las estaciones están cerca; también esta fomenta la comunicación y la interacción entre los trabajadores y es adecuado para líneas de producción con alta repetitividad. Podemos ver un ejemplo de estas y otras distribuciones en la siguiente figura:

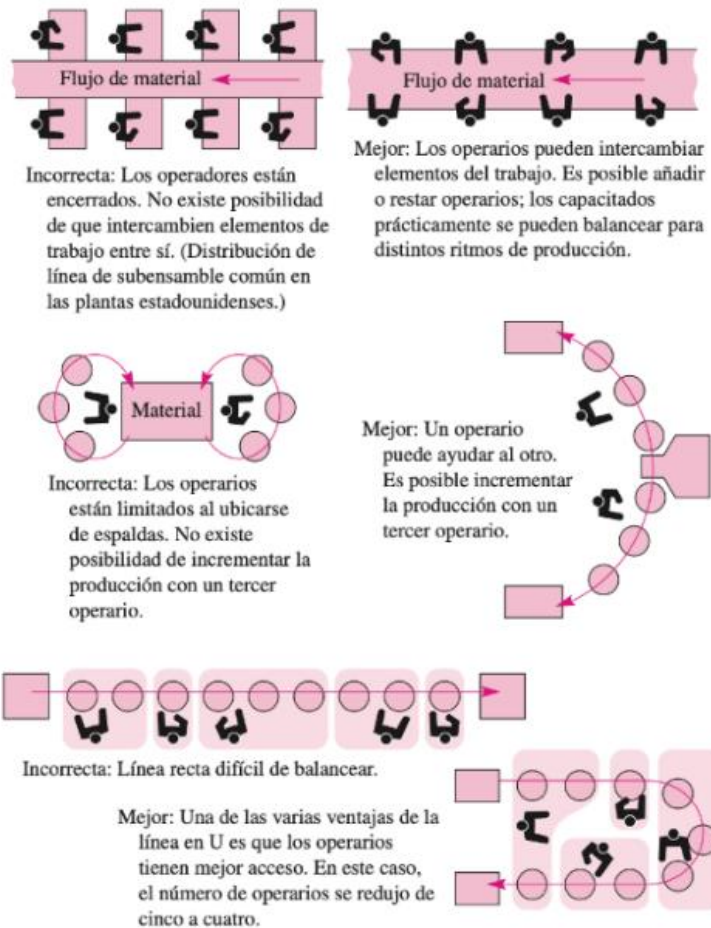


Figura XLIII. Ejemplos de distribución de las máquinas. [27].

Por lo anterior, la distribución en forma de U asegura la correcta colocación de las zonas de espera, contribuyendo a la gestión eficiente del tiempo de espera y al reparto justo de la carga de trabajo entre las máquinas. Esta configuración también facilita la comunicación entre operadores creando puntos de encuentro claros y accesibles, colaboración efectiva y respuesta rápida ante cualquier situación. Otro aspecto importante es el seguimiento y supervisión de los trabajadores, potenciado por la disposición en forma de U, que proporciona una visibilidad óptima de todas las áreas de trabajo desde un punto central. Esto garantiza un seguimiento eficaz del proceso y una respuesta inmediata a las desviaciones o solicitudes de corrección. Para la logística, el diseño en forma de U garantiza un flujo fluido de materiales y productos con puntos de entrada y salida limpios, promoviendo así un proceso de producción continuo. Los departamentos y procesos claros y bien definidos dentro de la estructura espacial aumentan la eficiencia operativa y reducen el riesgo de interrupciones o retrasos en la cadena de producción.

En conclusión, la distribución de la máquina monoblock junto con la máquina etiquetadora y de termo encogido en la planta embotelladora es mejor en forma U, por lo que proporcionan un ambiente de trabajo factible, combinando eficiencia, coordinación, control y disciplina para mejorar la calidad y velocidad de producción.

Propuestas del prototipo (planos)

A partir de toda la metodología aplicada para este diseño de distribución de planta, se desarrolla el entregable final, que consta de un plano 2D, tomando en cuenta el tipo de distribución de planta más adecuada, sus dimensiones de las áreas y pasillos, sus distribuciones espaciales de acuerdo con la importancia en la relación entre departamentos, el recorrido del producto durante el proceso, el análisis de las formas de la línea, entre otras cosas que dan como resultado este plano adjunto al (Ver Anexo 8), junto con el Excel con la justificación teórica correspondiente.

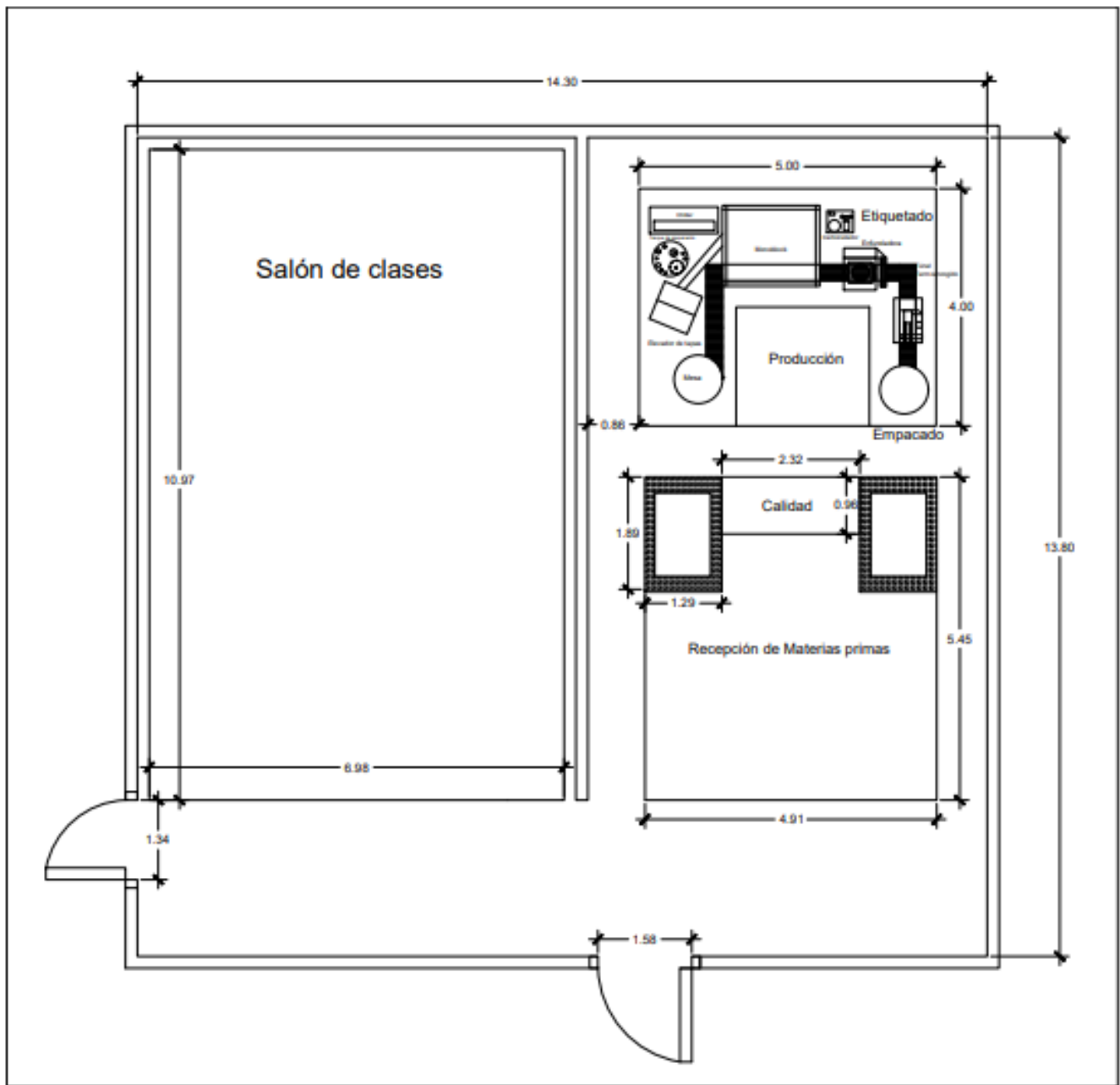


Figura XLIV. Prototipo planta de embotellado – Laboratorio de recursos hídricos – Escala 1:1.

L. Validación del diseño propuesto

En este modelo se desarrolló la propuesta de diseño de la solución de la planta de embotellado de agua para la presentación de 1L y 0,5L (Ver Anexo 11 y 12), teniendo en cuenta que el sistema para el operario se realizó con una distribución normal y el análisis realizado con la simulación de los tiempos se puede revisar en el anexo (Ver Anexo 3); donde inicialmente se describe el proceso actual como se muestra en la siguiente figura (ver Figura XLV).

Proceso actual

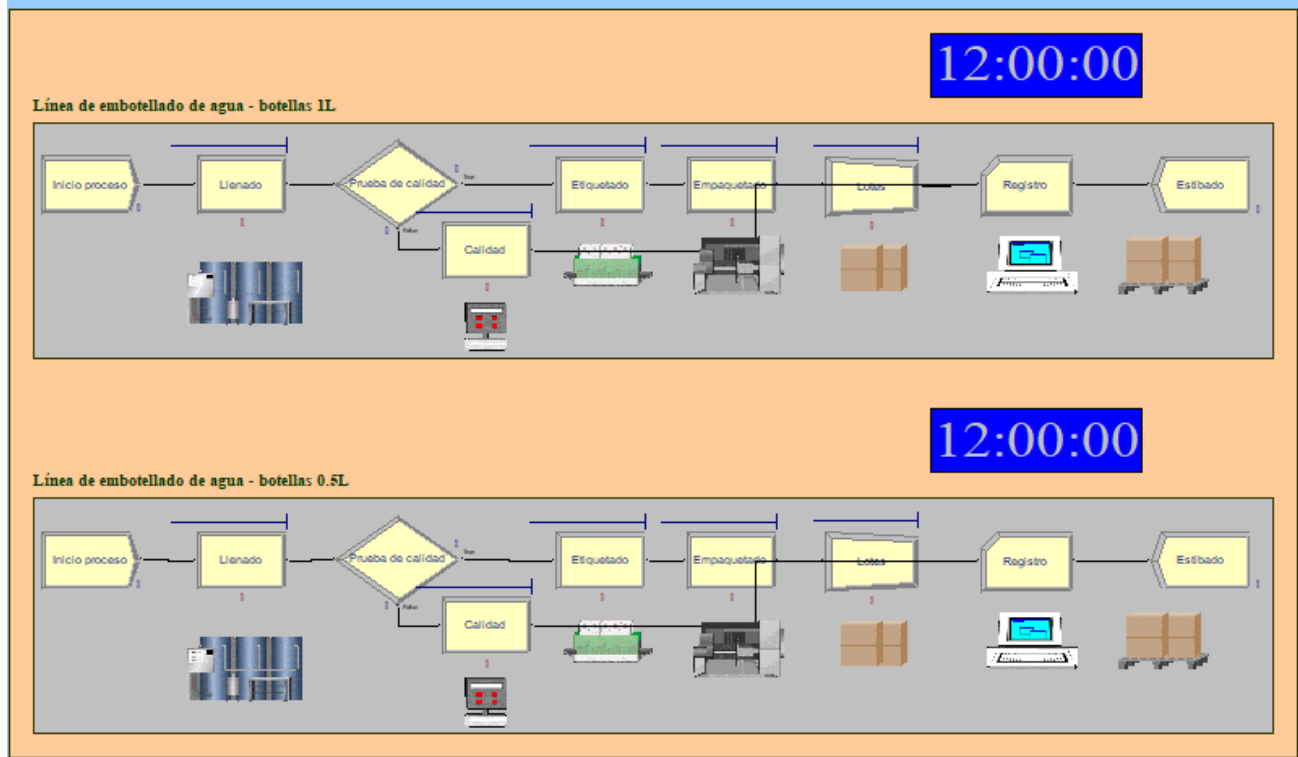


Figura XLV. Simulación Arena planta embotellado – Actual.

El proceso de embotellado para botellas de 1L y 0,5L sigue los mismos pasos fundamentales en el modelo, aunque varían ciertos datos específicos. Estas diferencias pueden incluir el volumen de llenado, el tiempo de procesamiento y los ajustes en la maquinaria. La precisión en estos datos es crucial para garantizar la calidad y la consistencia del producto final. Es importante que estos se monitoreen y ajusten cuidadosamente para cumplir con los estándares de producción y las expectativas de los consumidores. Dichos datos se muestran en la siguiente tabla (ver Tabla XLV).

TABLA XLV. Tiempos del Proceso Actual.

Tiempo de proceso (min)		
Proceso	Botellas de 1L	Botellas de 0,5L
Lavado	1,56	0,78
Llenado	2,66	1,33
Tapado	0,26	0,13
Etiquetado	1,21	0,61
Empaquetado	2,68	1,34

En el siguiente modelo se realizó la propuesta donde se ve que las etiquetas se pueden mandar hacer junto con las botellas, ya que este proceso ahorraría la compra de la máquina Etiquetadora y el Termo-encogido, igual que la máquina de empaquetado no iría por lo que es una máquina muy cara, considerando que este proceso se podría realizar manualmente porque la demanda es muy baja, de modo que, al ser un operario, los tiempos cambian teniendo en promedio y una variación relacionada. El modelo propuesto para la presentación de botellas 1L y 0,5L quedó de la siguiente forma (ver Figura XLVI), los cuales también se encuentran en el Anexo 13 y 14.

Proceso Propuesto

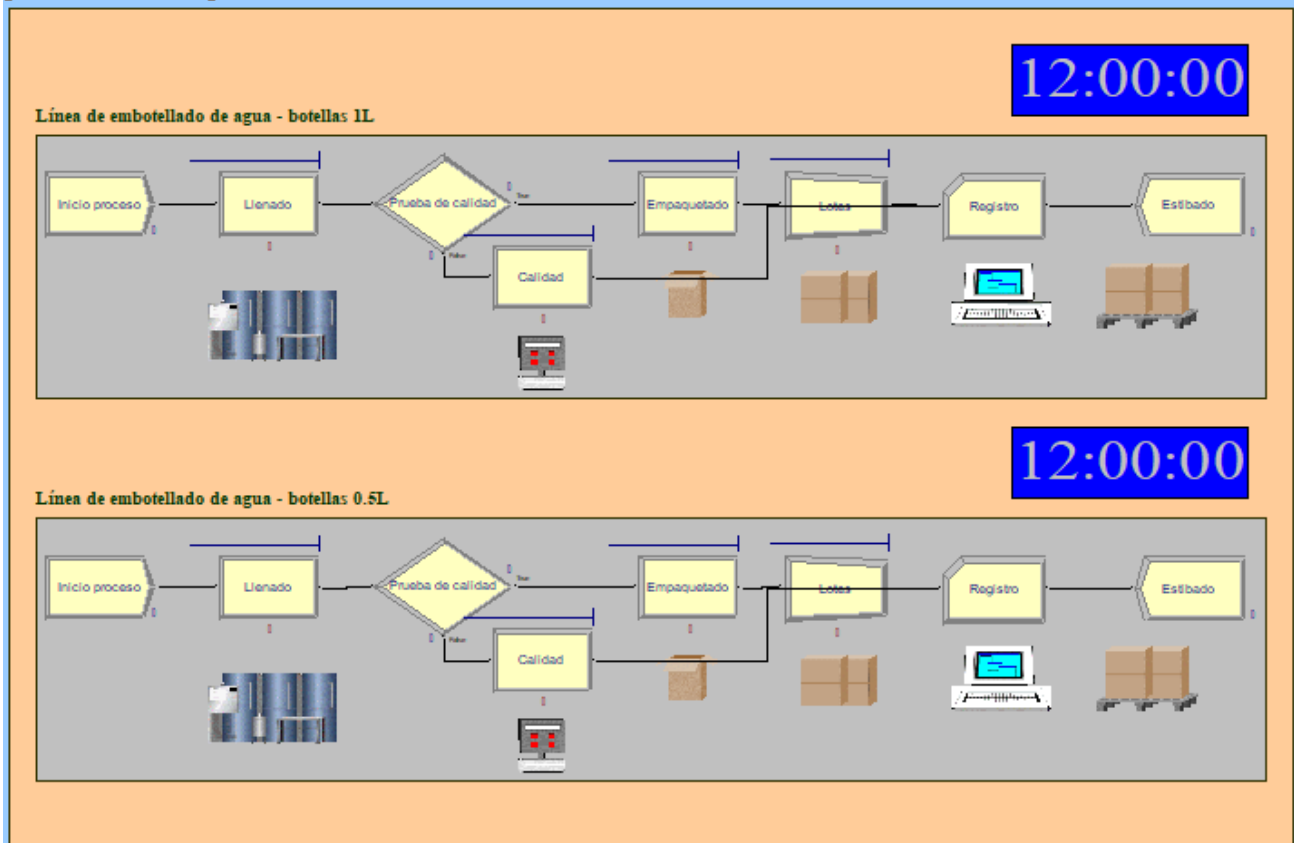


Figura XLVI. Simulación Arena planta embotellado – Propuesta.

Los datos utilizados para este modelo se ven en la siguiente tabla que muestra para botella de 1L y de 0,5L, donde se puede ver en el empaquetado la media y variación mencionada anteriormente. (Ver Tabla XLVI).

TABLA XLVI. Tiempos del Proceso Propuesto.

Tiempo de proceso (min)		
Proceso	Botellas de 1L	Botellas de 0,5L
Lavado	1,56	0,78
Llenado	2,66	1,33
Tapado	0,26	0,13
Empaquetado	Media = 2,27	Media = 2,26
	Desviación = 2,24	Desviación = 2,24

Ahora que se conoce el funcionamiento y como se aplicó el modelo, a continuación, se realiza la comparación de los resultados buscando analizar las ventajas y desventajas de la implementación de la propuesta.

El siguiente análisis se realiza para ambos tipos de presentación de botellas 1L y 0,5L.

Presentación 1L:

En la siguiente tabla se presentan los datos arrojados por Arena para el modelo de producción actual de botellas de 1L, donde se puede evidenciar los tiempos de las botellas dentro del sistema y las colas o esperas en minutos. Cabe resaltar que si es necesario se puede consultar el anexo (Ver Anexo 15) donde se muestran otros datos del sistema.

TABLA XLVII. Datos del sistema actual de 1L.

Entity	Promedio (min)
Numero de entrada	77,99
Numero de salida	81,28
Trabajo en proceso	10,19
Queue	Promedio (min)
Llenado	15,46
Lotes o paletizado	29,73

De la Tabla XLVII se estudia que los tiempos de entrada y salida del sistema funcionan acorde a los tiempos de entrada entre cada intervalo de llegada de botellas al sistema, sin embargo es relevante mencionar que para el análisis de los Queue o las colas los únicos procesos que presentan colas son llenado y paletizado en el proceso de creación de lotes debido a que la máquina enfardadora tiene por llegada una sola botella y los tiempos de procesamiento son el doble que para el proceso anterior de etiquetado siendo el valor de etiquetado de 1,28 y el tiempo de empaquetado de 2,68 como se puede ver en la figura XLVII cursograma analítico.

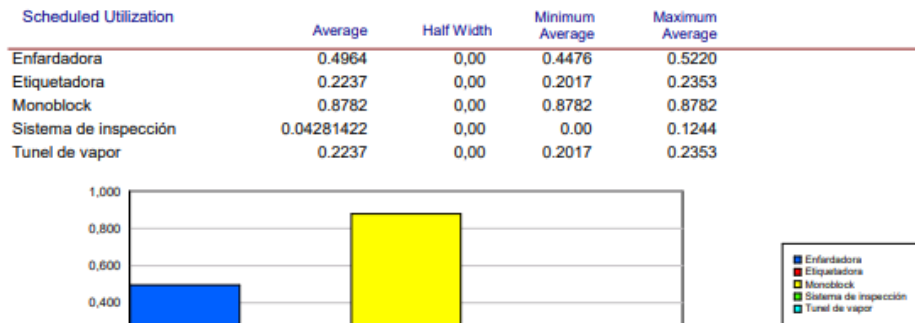


Figura XLVII. Histograma de utilización de las máquinas de la planta – proceso actual de embotellado 1L.

La máquina con mayor utilización evidentemente es el monoblock que no puede parar de realizar su proceso interno de lavado, llenado y tapado, la segunda máquina con mayor utilización es la enfardadora debido a que se quedan muchas botellas en espera debido al tiempo que se demora en realizar el empaquetado. El túnel de vapor y etiquetadora son las máquinas con menor utilización debido a que su tiempo de procesamiento es más rápido que las demás volviendo está el cuello de botella de la línea.

En la siguiente tabla se presentan los datos arrojados por arena para el modelo de producción propuesto de botellas de 1L donde se puede evidenciar los tiempos de las botellas dentro del sistema y las colas o esperas en minutos. Cabe resaltar que si es necesario se puede consultar el anexo (Ver Anexo 17) donde se muestran otros datos del sistema.

TABLA XLVIII. Datos del sistema propuesto de 1L.

Entity	Promedio (min)
Numero de entrada	77,87
Numero de salida	79,57
Trabajo en proceso	9,93
Queue	Promedio (min)
Empaquetado	0,22
Llenado	15,46
Lotes o paletizado	29,66

Se examina de la Tabla XLVIII los datos del sistema propuesto en comparación con los datos del sistema actual no varían significativamente, lo único es que al cambiar la máquina enfardadora por el operario se tendrá un tiempo de cola o espera en este proceso de 0,22 minutos.

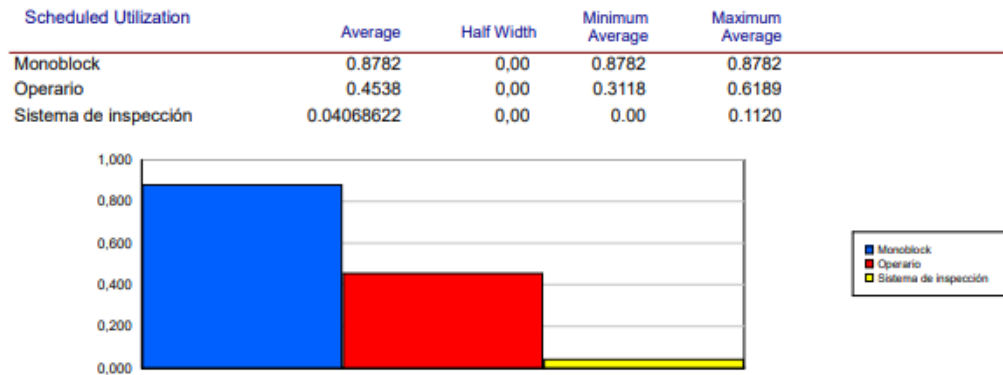


Figura XLVIII. Histograma de utilización de las máquinas de la planta – proceso propuesto de embotellado 1L.

Se observa de la Figura XLVIII que la maquina monoblock sigue siendo la que mayor utilización presenta y el operario es el segundo con mayor tiempo de utilización al no tener una máquina el operario le toca realizar el trabajo de empaquetado, sin embargo, no es tan difícil debido a que el volumen de producción no es alto.

Presentación 0,5L:

En la siguiente tabla se presentan los datos arrojados por Arena para el modelo de producción actual de botellas de 0,5L donde se puede evidenciar los tiempos de las botellas dentro del sistema y las colas o esperas en minutos. Cabe resaltar que si es necesario se puede consultar el anexo adjunto (Ver Anexo 16) donde se muestran otros datos del sistema.

TABLA XLIX. Datos del sistema actual de 0,5L.

Entity	Promedio (min)
Numero de entrada	33,08
Numero de salida	28,76
Trabajo en proceso	14,76
Queue	Promedio (min)
Llenado	7,84

Lotes o paletizado	130
--------------------	-----

En la siguiente tabla se presentan los datos arrojados por Arena para el modelo de producción propuesto de botellas de 0,5L donde se puede evidenciar los tiempos de las botellas dentro del sistema y las colas o esperas en minutos. Cabe resaltar que si es necesario se puede consultar el anexo adjunto (Ver Anexo 18) donde se muestran otros datos del sistema.

TABLA L. Datos del sistema propuesto de 0,5L.

Entity	Promedio (min)
Numero de entrada	33,08
Numero de salida	28,77
Trabajo en proceso	14,91
Queue	Promedio (min)
Empaquetado	1,99
Llenado	7,84
Lotes o paletizado	129,91

Se contempla de la Tabla XLIX y Tabla L que los datos son muy similares y su diferencia es casi despreciable, esto debido a que la máquina *Monoblock* trabaja a nivel constante, y aunque para el modelo propuesto no se tiene una maquina etiquetadora, ni una máquina enfardadora de empaques se puede obtener tiempos muy similares. Teniendo en cuenta que el operario trabaja a ritmo variable, por lo que, se modelo con una distribución normal y los datos fueron sacados de una simulación de tiempos que se encuentra en el anexo adjunto (Ver Anexo 2).

Se puede observar de la Figura XLIX que al igual que los casos anteriores el *Monoblock* y la *Enfardadora* tienen los mayores tiempos de utilización y la etiquetadora y el túnel de vapor presentan el menor tiempo de utilización.

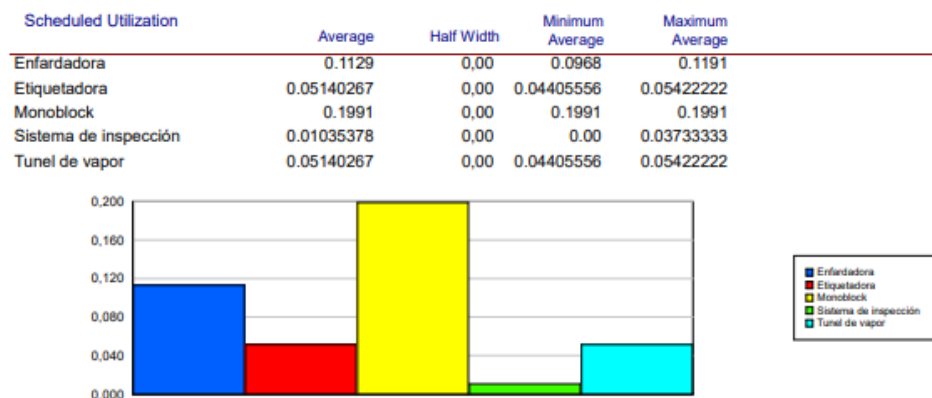


Figura XLIX. Histograma de utilización de las máquinas de la planta – proceso actual de embotellado 0,5L.

En la Figura L se analiza que el operario es el que mayor utilización tiene debido a que las botellas producidas son mayores en volumen demandado siendo este de 6378 botellas a comparación de 2273 de un 1L. por lo que el operario le toca rendir un poco más que para el proceso de 1L; Sin embargo, en comparación de los datos entre el modelo actual de 0,5L y el modelo propuesto de 0,5L no es significativo los valores.



Figura L. Histograma de utilización de las máquinas de la planta – proceso propuesto de embotellado 0,5L.

En conclusión, de la simulación podemos observar que los tiempos entre el sistema de producción actual con todas las máquinas cotizadas para ser compradas en la Tabla XLV no presentan variación si se da el sistema de producción propuesto con las máquinas y propuestas realizadas en la Tabla XLVI. Pero la relevancia de la realización de esta simulación se da en términos monetarios, en cuanto a que se obtendrá un ahorro de \$ 242.998.000 representando el 42% del total que se quería invertir inicialmente.

VI. VERIFICAR

M. Medición de los impactos

En esta sección se debe medir el impacto del diseño, en la que se detalla la medición y análisis del impacto financiero, social, y ambiental, dentro del contexto del proyecto. Tenga en cuenta que un análisis financiero debe ser por costos y por ahorros.

Social

La medición del impacto social de un proyecto académico-industrial, como el que se propone con la embotelladora de agua, es un proceso integral que evalúa cómo las actividades prácticas complementan la formación teórica de los estudiantes. Al realizar prácticas en la planta, los alumnos tienen la oportunidad de aplicar y profundizar en los conocimientos adquiridos en sus asignaturas, lo que resulta en una experiencia enriquecedora que fortalece su preparación profesional. Aunque la planta no genere un alto número de empleos, su valor educativo es significativo. El operario debe ser entrenado y preparado para el manejo y gestión de la planta de embotellado de manera que al explicar el funcionamiento de la maquinaria y los procesos, no solo transfiere conocimiento técnico, sino que también contribuye al desarrollo de habilidades prácticas esenciales. Este operario puede ser el laboratorista o un becario entrenado. La cuantificación de este aprendizaje puede realizarse a través de evaluaciones periódicas que midan la asimilación de los conceptos y la capacidad de los estudiantes para aplicarlos en situaciones reales, lo cual es un indicador clave del impacto positivo del proyecto en la trayectoria profesional de los participantes.

Ambiental

Según el Decreto 1023 de 2010, es necesario identificar y ubicar los tipos de residuos que se manejarán en un área específica, considerando su composición, biodegradabilidad y origen. Por ejemplo, un residuo compuesto por cartón y papel, con una producción y consumo total de 1 kg, genera aproximadamente 0.1 toneladas de CO₂ como huella de carbono. En contraste, los residuos biodegradables, como un paquete de productos que pesa 5 kg, presentan variaciones en la producción de CO₂ a lo largo de su ciclo de vida, dependiendo de los materiales específicos utilizados, lo cual complica su cuantificación precisa. Dado su carácter semindustrial, es fundamental conocer el consumo real de energía, la cantidad de materiales utilizados, así como la gestión y transporte de residuos. Por ejemplo, una botella de agua que consume 0.5 kWh de energía tendría una huella de carbono de 0.25 kg CO₂, considerando un factor de emisión de 0.5 kg CO₂/kWh. En el caso específico de una línea de embotellado, los distintos procesos contribuyen con emisiones de CO₂, como el monoblock con 3.5 kg CO₂, la etiquetadora con 0.75 kg CO₂, el túnel termo encogido con 0.75 kg CO₂, y el generador de vapor con 12 kg CO₂, sumando un total de 17 kg CO₂ en emisiones de efecto invernadero. En cuanto al consumo de recursos naturales, la línea tiene una capacidad de producción de 650 L/H. En un turno de 8 horas, esto resultaría en un consumo de agua de 5200 L/turno, cifra significativa en comparación con el promedio institucional de consumo de agua. Además, el consumo de energía equivale a 272 kW/h.

Con la información anterior, es necesario considerar que el proceso de producción del proyecto, que consiste en llenar botellas de plástico con agua con fines académicos, podría tener un gran impacto en la comunidad en términos del enfoque ecológico. Según la política ambiental actual de la universidad, que promueve el manejo responsable de los recursos naturales, la producción de estas botellas podría generar un significativo impacto ambiental. Cada ciclo de producción de las botellas plásticas contribuiría a la presencia de más residuos plásticos en el campus, una situación que la universidad ha intentado mitigar mediante la instalación de fuentes hídricas en la mayoría de los edificios, fomentando el consumo de agua a través de termos y la reutilización de botellas para reducir la propagación de residuos inorgánicos. La producción de estas botellas genera controversia debido a estos puntos mencionados anteriormente. La Universidad tiene ocho ejes ambientales dedicados a la educación ambiental, de los cuales tres se verían directamente involucrados en el proyecto: energía y cambio climático, gestión del agua, y manejo de residuos, siendo este último el más impactado. No obstante, es posible llevar a cabo el proceso de producción de las botellas de agua sin afectar el bienestar ecológico dentro del campus, dado que el enfoque es puramente académico y no comercial.

En este sentido, las botellas de agua se producirían únicamente cuando se realicen prácticas académicas (Laboratorios específicamente asignados). Al finalizar cada práctica, las botellas producidas podrían reutilizarse: vaciando el líquido, esterilizando la botella y rellenándola con agua nuevamente utilizando la misma máquina. Aquellas botellas que estén en buen estado se almacenarían de nuevo en el depósito designado para promover la reducción de residuos y fomentar una cultura de cuidado ambiental.

Análisis Financiero

Se realiza la medición del impacto financiero del proyecto, realizando una medición de los costos mediante cotizaciones a algunos proveedores de las materias primas, además se tiene en cuenta el costo de energía utilizado durante la operación, el salario de un operario y el costo de las máquinas junto con su instalación. Lo anterior, está inmerso dentro del flujo de caja neto del proyecto (FNC del proyecto).

Por costo

Mediante la realización del flujo de caja neto del proyecto se tuvo en consideración todos los costos asociados a materia prima basándonos en el Bill of material o lista de materiales que se encuentra en las Figuras XXI, XXII, XXIII y XXIV. A continuación, se en lista los valores de cada ítem:

- Botellas: El costo de cada botella de 1 L es de \$800 c/u y para las botellas de 0,5 lt es de \$500 c/u.
- Tapas: El costo de cada tapa es de \$300.
- Cinta: Utilizando un diámetro de 7 cm para las botellas de 1 L y de 5 cm para las botellas de 0,5 L. Las medidas anteriores por la cantidad de botellas pronosticadas dieron como resultado que se necesitan 47801 cm. Cada caja de cinta trae 1000 cm, por lo tanto, se necesitan 48 cajas de cinta.
- Cajas: Se necesitan 722 cajas entre 190 cajas de un 1 L y 532 cajas de 0,5 L, donde cada caja tiene un costo \$3875.
- Tinta: El costo es de \$65545 por 9 tintas de las que salen 90000 impresiones. Realizar un solo pedido por año.

Otro de los costos considerados es el consumo energético de la planta de embotellado de agua, que según la Asociación Colombiana de Industrias Eléctricas y Energéticas (ACIE) es en promedio de \$700 pesos colombianos por kWh [30]. Para encontrar el costo anual se calculó realizando las respectivas formulas mostradas en el Anexo 9. Y se debió considerar el tiempo de utilización en horas que se muestra en las Tablas XI y XII, además de conocer la potencia por máquina dada en kW por la empresa SANTECHS quedando de la siguiente forma:

- Monoblock 7 kW
- Etiquetadora 1,5 kW
- Túnel de termo encogido 1,5 kW
- Generador de vapor 24 kW

Así mismo, se consideró los costos de las máquinas realizado mediante las cotizaciones presentadas por la empresa SANTECHS a los programas de Ingeniería Civil e Industrial. La Tabla LI muestra un resumen de los valores del mercado de las máquinas y el IVA del 19%.

Tabla LI. Tabla resumen de cotizaciones de compra de las máquinas.

	Valor de mercado	IVA	Total
Sistema de inspección	\$ 45.600.000	\$ 8.664.000	\$ 54.264.000
Máquina etiquetadora	\$ 105.800.000	\$ 20.102.000	\$ 125.902.000
Traslado, motaje, y puesta en marcha etiquetadora	\$ 1.800.000	\$ 342.000	\$ 2.142.000
Transportador curvo	\$ 25.300.000	\$ 4.807.000	\$ 30.107.000
Transportador línea	\$ 23.385.000	\$ 4.443.150	\$ 27.828.150
Rotonda de acumulación	\$ 43.000.000	\$ 8.170.000	\$ 51.170.000
Traslado, montaje, y puesta en marcha líneas transportadoras	\$ 1.200.000	\$ 228.000	\$ 1.428.000
Máquina llenadora	\$ 148.000.000	\$ 28.120.000	\$ 176.120.000
Transportador aéreo de entrada de envases y banda transportadora salida de envases			
Túnel de vapor	\$ 24.000.000	\$ 4.560.000	\$ 28.560.000
Enfardadora semi automática	\$ 68.000.000	\$ 12.920.000	\$ 80.920.000
Total	\$ 486.085.000	\$ 92.356.150	\$ 578.441.150

Para finalizar, se realiza un análisis mediante el flujo de caja neto del proyecto realizado en el Anexo 9. Donde se consideró un horizonte de planeación de 10 años que es el tiempo en el que se tiene estimado realizar la depreciación de las máquinas. Posteriormente, se menciona que las ventas brutas son basadas en los históricos de ventas del año 2022; De acuerdo, con su precio filtrado de la base de datos de la “Mercadería” encontrada en el Anexo 2 y un porcentaje propuesto del valor de la matrícula de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil e Industrial como supuesto se plantea este cálculo con 5% de la matrícula de ingeniería que está en el 2024 en \$11.781.105, lo que representa \$589.055,25 por estudiante; si se aplica a los estudiantes encuestados en el ítem de MEDIR esta muestra es de 97 estudiantes que representan el 84% de los 115 encuestados. El supuesto anterior indica que se obtendría \$57.138.359; complementariamente se toma un 10% de aumento de las ventas brutas por año. Así mismo, para los costos de operaciones se utilizó un aumento del 12% en el salario del operario para cada año, la energía se le determinó un 10% de aumento en su precio y los costos de insumos un 10% de aumento.

Se hace énfasis que, en Colombia, el impuesto sobre las ventas (IVA) no se aplica a las actividades necesarias para embotellar agua. El Consejo de Estado ha precisado que no solo el embotellamiento del líquido, sino también las demás actividades indispensables para este fin deben tener igual tratamiento tributario [31]. El artículo 30 de la Ley 788 del 2002 incluyó como partida número 22.01 exenta del impuesto el agua envasada. Por lo tanto, la producción de las botellas destinadas a este proceso no debe ser objeto de cobro. Según la norma, se trata de una actividad intermedia en la producción de agua envasada [32].

TABLA LII. Flujo de caja neto del proyecto.

FLUJO NETO DE CAJA DEL PROYECTO											
PERIODOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VENTAS BRUTAS		\$ 76.729.599	\$ 84.402.559	\$ 92.042.814	\$ 102.127.096	\$ 112.339.805	\$ 123.573.786	\$ 135.931.165	\$ 149.524.281	\$ 164.476.709	\$ 180.924.380
= VENTAS NETAS		\$ 76.729.599	\$ 84.402.559	\$ 92.042.814	\$ 102.127.096	\$ 112.339.805	\$ 123.573.786	\$ 135.931.165	\$ 149.524.281	\$ 164.476.709	\$ 180.924.380
- COSTOS DE OPERACIÓN		\$ 26.412.944	\$ 29.366.238	\$ 30.555.662	\$ 31.864.028	\$ 33.303.231	\$ 34.886.354	\$ 36.627.789	\$ 38.543.368	\$ 40.650.505	\$ 42.968.355
= UTILIDAD BRUTA		\$ 50.316.655	\$ 55.036.321	\$ 62.287.153	\$ 70.263.068	\$ 79.036.575	\$ 88.687.432	\$ 99.303.375	\$ 110.980.913	\$ 123.826.204	\$ 137.956.025
- DEPRECIACIONES		\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200
= UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS		\$ 9.166.455	\$ 13.886.121	\$ 21.136.953	\$ 29.112.868	\$ 37.886.375	\$ 47.537.232	\$ 58.153.175	\$ 69.830.713	\$ 82.676.004	\$ 96.805.825
- Impuesto sobre la Renta (0%)		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= UTILIDAD O PERDIDA NETA		\$ 9.166.455	\$ 13.886.121	\$ 21.136.953	\$ 29.112.868	\$ 37.886.375	\$ 47.537.232	\$ 58.153.175	\$ 69.830.713	\$ 82.676.004	\$ 96.805.825
+ Depreciaciones		\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200	\$ 41.150.200
- Inversión en activos fijos	578.441.150										
= FLUJO NETO DE CAJA DEL PROYECTO	(578.441.150)	50.316.655	55.036.321	62.287.153	70.263.068	79.036.575	88.687.432	99.303.375	110.980.913	123.826.204	137.956.025

El resultado del análisis financiero por costos es que el proyecto es demasiado costoso para llevarlo a cabo, se realizó 2 escenarios optimista y pesimista, en donde para el escenario **pesimista** se encontró que con un WACC de 10% obtendremos un valor presente neto de **-\$84.854.889**, además el indicador beneficio costo es menor que 1, siendo este de 0,85 lo que indica que el proyecto no es factible realizarlo.

TABLA LIII. Indicadores Financieros pesimista.

WACC	0,00%	
VPN	\$ (723.357.022)	negativo
TIR	#¡NUM!	<indeterminado
RBC	-0,25	<1

Para el escenario **optimista** se encontró que con un WACC de 5% obtendremos un valor presente neto de \$69.319.588, además el indicador beneficio costo es mayor que 1, siendo este de 1,12 lo que indica que el proyecto es factible realizarlo. Claro está que para llevar a cabo el escenario optimista se debe tener mayor capital propio y una financiación menor a un bajo interés.

TABLA LIV. Indicadores Financieros optimista.

WACC	5,00%
VPN	\$ 69.319.588
TIR	7,01%
RBC	1,12

Por ahorro

En la propuesta realizada por la empresa SANTECHS, el costo de las maquinas más el impuesto de valor acumulado (IVA) es de un valor de \$578.441.150, lo que se percibe como un alto costo para la implementación de una línea, que está enfocada en su mayoría para fines académicos, por lo que se propone desarrollar la línea con la intervención de los programas de ingeniería, en las que podrían participar en el diseño de soluciones representadas en máquinas o herramientas que cumplan las mismas funciones y objetivos que las propuestas por la empresa SANTECHS, pero con un valor inferior. Dicho esto, se puede ver la Tabla LV, ver cálculos en el Anexo 9. La propuesta económica realizada por la empresa:

TABLA LV. Propuesta realizada por SANTECHS

	Valor de mercado	IVA	Total
Sistema de inspección	\$ 45.600.000	\$ 8.664.000	\$ 54.264.000
Máquina etiquetadora	\$ 105.800.000	\$ 20.102.000	\$ 125.902.000
Traslado, montaje, y puesta en marcha etiquetadora	\$ 1.800.000	\$ 342.000	\$ 2.142.000
Transportador curvo	\$ 25.300.000	\$ 4.807.000	\$ 30.107.000
Transportador línea	\$ 23.385.000	\$ 4.443.150	\$ 27.828.150
Rotonda de acumulación	\$ 43.000.000	\$ 8.170.000	\$ 51.170.000
Traslado, montaje, y puesta en marcha líneas transportadoras	\$ 1.200.000	\$ 228.000	\$ 1.428.000
Máquina llenadora			
Transportador aéreo de entrada de envases y banda transportadora salida de envases	\$ 148.000.000	\$ 28.120.000	\$ 176.120.000
Túnel de vapor	\$ 24.000.000	\$ 4.560.000	\$ 28.560.000
Enfardadora semi automática	\$ 68.000.000	\$ 12.920.000	\$ 80.920.000
Total	\$ 486.085.000	\$ 92.356.150	\$ 578.441.150

En este caso, se pudo identificar unas máquinas o partes del proceso que podrían ser eliminado o modificadas:

- Una de ellas es la eliminación del sensor de medición el cual se encuentra ubicado en el proceso de llenado, este sensor puede ser repensado o desarrollado por un proyecto de diseño, en el que estudiantes y profesores del programa de Ingeniería de sistema, elaboren un *Poka Yoke* que logre inspeccionar los niveles de llenado para verificar su uniformidad o cualquier defecto en la botella que pueda afectar la calidad del producto.

- Otra herramienta que puede ser reemplazada es la eliminación de la enfardadora y túnel de termo encogido, ya que este utiliza mucho plástico para aglomerar y empacar las botellas con agua, además es una maquina pensada para volúmenes de producción más grandes, por lo que no harían sentido tener una máquina de este tipo, por lo que se propone reemplazar esta máquina por adquisición de cajas de cartón u otro material más duradero, en los que se pueden empacar y distribuir las botellas con agua hacia el destino, una vez entregadas y desocupadas las cajas, estas podrían retornar a la línea para ser reutilizadas nuevamente.

- La rotonda de acumulación es una pieza de la línea que podría desarrollarse en la universidad como proyecto de diseño, en alguno de los programas de Ingeniería para la acumulación de producto terminado antes de su empaque.

A partir de las sugerencias anteriores, se realiza la propuesta con los cambios aplicados que se pueden ver en la siguiente Tabla LVI.

TABLA LVI. Propuesta realizada por estudiantes de Proyecto de Diseño

	Valor de mercado	IVA	Total
Sistema de inspección	\$ 30.000.000	\$ 5.700.000	\$ 35.700.000
Máquina etiquetadora			
Traslado, montaje, y puesta en marcha etiquetadora			
Transportador curvo	\$ 25.300.000	\$ 4.807.000	\$ 30.107.000
Transportador línea	\$ 23.385.000	\$ 4.443.150	\$ 27.828.150
Rotonda de acumulación	\$ 30.000.000	\$ 5.700.000	\$ 35.700.000
Traslado, montaje, y puesta en marcha líneas transportadoras	\$ 1.200.000	\$ 228.000	\$ 1.428.000

Máquina llenadora			
Transportador aéreo de entrada de envases y banda transportadora salida de envases	\$ 148.000.000	\$ 28.120.000	\$ 176.120.000
Túnel de vapor	\$ 24.000.000	\$ 4.560.000	\$ 28.560.000
Enfardadora semi automática			
Total	\$ 281.885.000	\$ 53.558.150	\$ 335.443.150

De acuerdo con la propuesta realizada por estudiantes del proyecto de diseño se puede ver una reducción en el costo del proyecto en aproximadamente \$242.998.000, lo que representa un 42% en la disminución de costos con respecto a la de empresa SANTECHS.

N. Estandarización de la solución – POE'S (plan de control)

El software Arena Simulation es una herramienta poderosa para la modelación y simulación de procesos. Permite a los usuarios crear modelos detallados de sistemas complejos y experimentar con ellos en un entorno virtual. La elaboración de un manual que describa las funciones principales utilizadas en un modelo específico es un recurso valioso, ya que proporciona una guía clara para entender y replicar el análisis realizado (Ver Anexo 10).

En nuestro modelo, utilizamos varios módulos con funciones específicas:

- **Create:** Este módulo marca el inicio del proceso y representa la llegada de entidades al modelo. Aquí se planifica el tiempo de llegada o la cantidad de botellas. También se define qué tipo de entidad está involucrada en el proceso.
- **Process:** Este módulo procesa todas las actividades del modelo. Permite asignar o liberar recursos, establecer prioridades y definir tiempos de procesamiento. Los datos pasan por este módulo cuando aparece un número en la parte inferior del símbolo.
- **Decide:** Aquí se toman decisiones sobre si una entidad pasa al proceso de calidad o sigue su ruta normal de etiquetado. Las condiciones se basan en atributos del sistema, valores de variables o expresiones. Hay dos salidas posibles: “2-way change” o “2-way condition”, según la solicitud del modelo.
- **Batch:** Se utiliza este módulo para agrupar la producción en lotes, luego acumula entidades o productos según la programación inicial del modelo.
- **Record:** Este módulo registra las entidades y proporciona estadísticas sobre el proceso.
- **Dispose:** Es el que se pone al final del modelo, evalúan el desempeño de todas las entidades y recopilan datos sobre abandono o finalización del proceso.

O. Conclusiones

En conclusión, se diagnosticó el sistema de embotellamiento de agua de acuerdo con los datos proporcionados por la mercadería sobre las ventas del año 2022, lo que permitió realizar un pronóstico que mostró una demanda estacionaria, con los meses de mayores ventas en abril, junio y octubre para ambas presentaciones. También se recolectaron datos referentes a las preferencias de los interesados mediante una encuesta, de la cual se obtuvo que el 56% de los encuestados comprarían las botellas de agua y un 30% consideraría la compra debido a factores como la calidad, el precio, el tamaño, entre otros.

Asimismo, se analizó y determinó que la localización apropiada para ubicar la planta de embotellamiento de agua es el laboratorio de recursos hídricos. Esta decisión se basó en el trabajo de campo donde se recolectaron las dimensiones de seis alternativas de localización, considerando ocho factores para los cuales se obtuvo información utilizando herramientas como Google Earth y una cinta métrica. Posteriormente, se analizaron estos datos mediante el método de ranking de factores, que resultó en la localización mencionada anteriormente.

Seguidamente, se utilizaron algunos datos obtenidos en instancias anteriores para determinar la capacidad de producción de la planta, que es de 2273 botellas para la presentación de 1L y de 6378 botellas para la presentación de 0,5L. De igual forma, se utilizaron herramientas computacionales como Excel para desarrollar el método de análisis jerárquico a través de una matriz AHP, con la que se eligió la alternativa de distribución y el sistema de producción, determinando que la distribución es por producto y

el sistema de producción es continuo. Finalmente, se encontró cómo sería distribuida la planta a través del algoritmo CORELAP, resultando en el plano que se muestra al final del ítem de diseño.

Por último, se consideró a través de una simulación en el software Arena una distribución actual y una propuesta, de la cual los cambios en cuanto a producción no mostraron una variación significativa. Además, en cuanto a la parte financiera, se obtuvo que en un horizonte de 10 años es posible recuperar el dinero invertido, lo que, según el indicador de relación costo-beneficio, hace que el proyecto sea viable, siempre y cuando se tenga un WACC del 5%, es decir, que el capital propio de la universidad sea mayor al dinero de la deuda para financiar el proyecto. De igual forma, teniendo en cuenta la propuesta de no comprar las máquinas etiquetadora y enfiadora y proponiendo que la rotunda de acumulación y el sistema de inspección sean realizados por estudiantes de la universidad con un presupuesto de \$35.700.000 para cada uno, se puede decir que la recuperación de la inversión se da en menor tiempo.

P. Recomendaciones

En este apartado se resume los hallazgos complementarios del proyecto de diseño, en la que se propone futuras mejoras o proyectos de diseño que puedan desarrollarse a partir de los resultados obtenidos a partir de la distribución de planta de la línea de embotellado, estas son las siguientes:

- Para mejorar los procesos dentro de la planta y optimizar los tiempos cuando está ya se encuentre en funcionamiento, es recomendable seguir una serie de pasos estructurados. Primero, evaluar detalladamente el proceso actual e identificar las áreas de demora con la planta en funcionamiento, comparando así las mejores prácticas de la industria documentadas en la literatura, dando un paso para ajustes incrementales y medir el impacto de la planta con relación al rendimiento de esta. Luego, por lo que la planta busca involucrar al personal operativo y estudiantes en el proceso de cambio, se puede aprovechar su experiencia y conocimiento práctico para asegurar una documentación clara de los nuevos procedimientos y proporcionar la formación necesaria para su correcta implementación. Estas recomendaciones buscan no solo mejorar los tiempos, sino también garantizar la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo.
- Se recomienda enfocar los esfuerzos en la producción de agua sin gas, ya que este segmento del mercado presenta una demanda significativa del 73% para la presentación de 0,5L y 26% para la presentación de 1L, de manera que no se tenga que adquirir equipos adicionales a los analizados incurriendo en menores costos de producción. Además, se sugiere explorar diferentes alternativas de productos que se puedan interconectar con la planta de embotellado planteada realizando una producción a menor escala, como la elaboración de cerveza artesanal, para atender otros nichos de mercado y abriendo las puertas a los estudiantes a conocer diferentes procesos de producción de embotellado de bebidas.
- Se hace la recomendación de reducir la inversión en la máquina etiquetadora y el turbo encogido, igual que la máquina de empaquetado, que encarecen el montaje de la línea y no generan valor académico, ni de producción, ya que la demanda de este producto no es lo suficientemente alta como para adquirir este tipo de maquinaria, no obstante, se podría plantear como un proyecto a largo plazo con el desarrollo de diversos proyectos de grado o de investigación que puedan reemplazar o innovar con la adecuación y funcionamiento de la línea, para de esta manera reemplazar este tipo de maquinaria sofisticada por maquinaria desarrollada en la universidad, lo que en cierta forma podría reducir los costos y generar mucho valor académico para la institución.
- En la parte de proyectos futuros, se recomienda considerar el destino de las botellas utilizadas en clases y laboratorios, ya que representan un significativo impacto ambiental, por ende, se podría llevar a cabo una investigación más detallada sobre las repercusiones ecológicas del proyecto, con el objetivo de desarrollar un sistema eficiente de recolección de residuos. Este sistema debería incluir botellas, tapas y cajas de empaque, asegurando la recuperación de la mayor cantidad posible de estos materiales. Al hacerlo, no solo se mitigarían los efectos adversos en el medio ambiente, como la contaminación de las fuentes hídricas de la universidad y la reducción de los gases de efecto invernadero, sino que también se contribuiría a la disminución de los costos operativos de la planta de embotellado. La implementación de tal sistema no solo es una responsabilidad ambiental, sino también una oportunidad para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia económica de la universidad.
- Otro proyecto a futuro es la expansión de la planta embotelladora en el campus universitario representa una oportunidad significativa para diversificar la producción y ofrecer una gama más amplia de productos. Esta ampliación no solo permitiría la producción de diferentes tipos de bebidas, como jugos naturales, bebidas energéticas o incluso opciones de bebidas saludables enriquecidas con vitaminas y minerales, sino que también podría abrir la puerta a la creación de líneas de productos completamente nuevas. Por ejemplo, la planta podría explorar el mercado de aguas saborizadas o bebidas

carbonatadas, adaptándose a las tendencias actuales y a las demandas del consumidor. Además, la capacidad de producir una variedad de productos podría fomentar la colaboración interdepartamental, donde estudiantes de diferentes disciplinas podrían participar en el desarrollo de productos, desde la concepción hasta la comercialización, proporcionando una experiencia educativa integral. Esta iniciativa no solo beneficiaría a la universidad en términos de ingresos y reputación, sino que también contribuiría al desarrollo profesional y académico de los estudiantes.

VII.GLOSARIO

Autosostenible: Es la capacidad de un sistema, proceso, proyecto o entidad para mantenerse y funcionar por sí mismo de manera continua, sin depender de recursos externos o sin causar agotamiento insostenible de los que utiliza.

Polietileno Tereftalato (PET): El Polietileno Tereftalato (PET) es un polímero plástico termoplástico que pertenece a la familia de los polímeros de tereftalato. Su estructura química se compone de unidades repetitivas de tereftalato y etileno glicol, que se combinan mediante una reacción de policondensación.

Bill of material: Una lista de materiales, es un listado completo de las materias primas, las piezas y las herramientas necesarias para fabricar un determinado producto. La lista de materiales debe incluir los componentes y subcomponentes que conforman un producto, así como las cantidades requeridas de cada una.

Mercadería: Conocido académicamente como Laboratorio de mercadeo, logística y consumo masivo, ofrece servicios de formación y consultoría en estudios del comprador en punto de venta, estudios de merchandising, gestión logística de tiendas minoristas y centros de distribución, a través de la venta de productos de consumo cotidiano a toda la Comunidad Javeriana.

Santech: Es una empresa dedicada a la optimización de procesos industriales a través del uso de la tecnología de la automatización, con esto diseñan, comercializan e implementan soluciones de valor en la industria de proceso que incrementen su eficiencia, calidad, seguridad y sustentabilidad, basadas en la aplicación y creación de tecnología mediante un grupo de trabajo enfocado en el cliente.

Línea de ensamble: Equipo o procesos de trabajo ordenados de acuerdo con los pasos progresivos para fabricar el producto [25].

Planeación sistemática de la distribución (SLP): Técnica para resolver problemas de la distribución de procesos cuando no se dispone de datos numéricos de los flujos entre departamentos. Se usa un diagrama de relaciones de actividades que se ajusta por prueba y error hasta encontrar un patrón satisfactorio de adyacencias. Tiempo del ciclo de la estación de trabajo Tiempo entre unidades sucesivas que salen del final de una línea de ensamble [25].

Tiempo del ciclo de la estación de trabajo: Tiempo entre unidades sucesivas que salen del final de una línea de ensamble [25].

Balaceo de la línea de ensamble: Asignar todas las tareas de una serie de estaciones de trabajo de modo que cada una no reciba más de lo que puede hacer en el tiempo de su ciclo, y reducir así el tiempo de inactividad en todas las estaciones de trabajo [25].

Relación de precedencia: El orden en que se deben desempeñar las tareas en el proceso de ensamble [25].

Inobjetable: es un adjetivo que significa que no se puede objetar o refutar.

Poka Yoke: Es una técnica o principio utilizado en la fabricación y procesos industriales para evitar errores humanos, que se implementa mediante el diseño de dispositivos, herramientas o métodos que previenen o reducen la posibilidad de cometer errores durante la producción o el ensamblaje de productos.

VIII.REFERENCIAS

[1] “Márgenes Revista de Educación de la universidad de Málaga,” Portal de Revistas OJS, <https://revistas.uma.es/index.php/mgn/article/view/10529/12512> (accessed Sep. 29, 2023).

[2] Figura 2. Matriz de interesados poder-interés - researchgate, https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Matriz-de-interesados-poder-interes_fig1_320993049 (accessed Sep. 29, 2023).

[3] Oficina de recursos Físicos, “Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua - PUEAA - Javeriana, Cali,” Pontificia Universidad Javeriana Cali, <https://www.javerianacali.edu.co/media/1347/download> (accessed Feb. 10, 2024).

[4] O. C. Garcia, C. M. B. Vargas, and J. S. M. Erazo, “Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación.” Universidad San Buenaventura, Cali, Jan. 2015.

- [5] “Política Ecológica y Ambiental de la pontificia universidad javeriana,” Hoy en la Javeriana, <https://www.javeriana.edu.co/hoy-en-la-javeriana/politica-ecologica-y-ambiental-de-la-pontificia-universidad-javeriana/> (accessed Sep. 29, 2023).
- [6] “Agua embotellada 500 ML. caja con 24.,” Proveedor del Estado, <http://proveedor1.com.mx/producto/agua-embotellada-500-ml-caja-con-24/> (accessed Feb. 12, 2024).
- [7] “Planta de procesos industriales: Línea de llenado.” Facultad de Ingeniería y Ciencias - Universidad Javeriana Cali, Cali, 2023
- [8] Ley 09 de 1979 - Gestor Normativo - Consulta,
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1177>
- [9] A. J. C. E. Ltda., “Gestor Normativo - CRA,” Gestor Normativo de la CRA - Resolución 12186 de 1991 MS, https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_minsalud_12186_1991.htm (accessed Nov. 9, 2023).
- [10] Decreto 2333 de 1982 – Gestor Normativo – Consulta, <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.as>
- [11] “Gestor Normativo - CRA,” Gestor Normativo de la CRA - Resolución 2115 de 2007 MS, https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resoluci%C3%B3n_2115_de_2007.pdf (accessed , Enero 13, 2024).
- [12] “Resolución 2674 de 2013.” Ministerio de salud y protección salud, Bogotá, Jul. 22, 2013
- [13] “PDF.” Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001
- [14] “Resolución 1023 de 2010.” Ministerio de salud y protección salud, Bogotá, Jul. 22, 2013
- [15] P. Ávila and M. Orobio, “CREACIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA Y ENVASADORA DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE BUENAVENTURA - VALLE,” thesis, Buenaventura, 2014
- [16] S. Casallas and P. Medina, “DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y LA CADENA DE ABASTECIMIENTO DE LA EMPRESA ALIMENTOS DEL AMOR,” thesis, Facultad de Ingeniería, Bogotá, 2015
- [17] R Flórez, A. Planta embotelladora de agua mineral creación de Compañía AQ Vital. Uniandes. 2004
- [18] H. Mejía, M. J. Wilches, M. Galofre, and Y. Montenegro, “Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución,” *Redalyc*, vol. XVI, Dec. 2011. doi:0122-1701
- [19] G. Bocángel, C. Rosas, and G. Bocángel Marín, “Ingeniería Industrial - Introducción al diseño de plantas.” Biblioteca Nacional del Perú, Huánuco, 2021
- [20] J. Burgos and A. F. Gutiérrez, “PROPUESTA DE UN DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE UN CENTRO LOGÍSTICO HORTOFRUTÍCOLA EN UN MUNICIPIO DEL NORTE DEL VALLE DEL CAUCA,” thesis, Universidad del Valle, Zarzal, 2019
- [21] D. Castillo, “Estudio y análisis de mercado para la venta de agua embotellada en aguas del socorro.,” thesis, Universidad Libre, Cali, 2020
- [22] L. Giraldo and J. F. Lazarus, “Mariposas y polillas del campus de la Pontificia Universidad Javeriana Cali.” Pontificia Universidad Javeriana Cali, Cali, 2022
- [23] L. A. Velasco, “Localización de plantas.” Pontificia Universidad Javeriana Cali, 2023
- [24] Diseño de una planta envasadora de agua potable en el Municipio de Sincelejo, Sucre.
- [25] L. A. Velasco, “Estudio de la distribución de planta. (SLP)” Pontificia Universidad Javeriana Cali, 2023
- [26] Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean manufacturing: Hacia la excelencia en la producción* (5ª ed.). McGraw-Hill.
- [27] R. W. Hall, Attaining Manufacturing Excellence, Homewood, Illinois, Dow Jones-Irwin, 1987, p. 125. Derechos de reproducción © 1987 de McGraw-Hill Companies Inc.
- [28] NTC 4140 edificios. Pasillos y Corredores.
- [29] Figura 44. Distribución de las maquinas, R. W. Hall, Attaining Manufacturing Excellence, Homewood, Illinois, Dow Jones-Irwin, 1987, p. 125. Derechos de reproducción © 1987 de McGraw-Hill Companies Inc.
- [30] Asociación Colombiana de Industrias Eléctricas y Energéticas (ACIE). (2024, mayo 7). Costos que enfrentan comercializadoras con precio en bolsa superior a \$1.000/kWh. *La República*. <https://www.larepublica.co/economia/costos-de-las-comercializadoras-de-energia-3707658>.

[31] Consejo de Estado de Colombia. (2017, 21 de diciembre). Sentencia del Consejo de Estado, Sección Cuarta, expediente 05001-23-31-000-2010-02074-01(22345)

[32] República de Colombia. (2002, 28 de diciembre). Ley 788 de 2002. *Diario Oficial de la República de Colombia*, (44.670).

IX.ANEXOS

TABLA LVII. Anexos

No. Anexó	Nombre	Desarrollo (propio o tercero)	Tipo de Archivo (PDF, HTML, EXCEL, WORD...)
1	2023204 -Anexo 1. Project cronograma.	Propio	Project
2	2023204 -Anexo 2. Matriz de interesados.	Propio y tercero	Excel
3	2023204-Anexo 3. Análisis de datos.	Tercero	Excel
4	2023204 -Anexo 4. Encuesta.	Propio	Forms
5	2023204 -Anexo 5. Datos etapa diseñar.	Propio	Excel
6	2023204 -Anexo 6 - Diagrama H-M, SMED, Diagrama de Recorrido	Propio	Excel
7	2023204 -Anexo 7. Áreas de los departamentos y pasillos.	Propio	Excel
8	2023204 -Anexo 8. Planos de la planta de embotellado.	Propio	PDF
9	2023204 -Anexo 9 - Análisis financiero	Propio	Excel
10	2023204 -Anexo 10 - MANUAL SIMULACION EN ARENA SIMULATION SOFTWARE	Propio	Word
11	2023204 -Anexo 11 - Simulación - Planta de embotellado de agua - 1L.Backup	Propio	DOE
12	2023204 -Anexo 12 - Simulación - Planta de embotellado de agua - 0,5 L	Propio	DOE
13	2023204 -Anexo 13 - Simulación - Planta de embotellado de agua - 1 L - propuesta	Propio	DOE
14	2023204 -Anexo 14 - Simulación - Planta de embotellado de agua - 0,5 L - propuesta	Propio	DOE
15	2023204 -Anexo 15 - Informe de resultados - simulación - linea de producción botellas 1 L	Propio	PDF
16	2023204 -Anexo 16 - Informe de resultados - simulación - linea de producción botellas 0.5 L	Propio	PDF

17	2023204 -Anexo 17 - Informe de resultados - simulación - linea de producción botellas 1 L - propuesta	Propio	PDF
18	2023204 -Anexo 18 - Informe de resultados - simulación - linea de producción botellas 0.5 L - propuesta	Propio	PDF