

**Optimización del Proceso de Poscosecha para Incrementar la Productividad y
Reducción de Pérdidas en la Línea de Producción de Flores**

Nicolas Muñoz Ortiz

Natalia Contreras Pérez

Director de Trabajo de Grado

Mario Alberto Lopez Ramirez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Especialización en Gerencia de Procesos Logísticos en Redes de Valor

2025

Resumen

En Indigo Farms, empresa dedicada a la producción y exportación de flores cortadas, se identificaron deficiencias operativas en el área de poscosecha, especialmente en la distribución de los puestos de clasificación y boncheo, que generaban tiempos muertos, desplazamientos innecesarios de hasta 1,2 horas diarias por equipo, sobrecarga física para los operarios, incumplimiento de metas productivas y sobrecostos que afectaban la competitividad. El objetivo de este trabajo fue rediseñar el layout operativo de la planta para optimizar el flujo de materiales y la disposición del personal, incrementando la productividad y reduciendo pérdidas. La metodología aplicada fue cuantitativa, descriptiva y de carácter práctico, desarrollada en tres fases: diagnóstico, diseño y evaluación. En el diagnóstico se realizaron observaciones directas, estudios de tiempos y movimientos, análisis de rutas, entrevistas con operarios y revisión de indicadores productivos y financieros. La propuesta de redistribución se fundamentó en principios de ingeniería industrial, Systematic Layout Planning (SLP), manufactura esbelta y ergonomía, diseñando una configuración “frente a frente” con banda transportadora central para eliminar recorridos laterales y mejorar la comunicación entre equipos. La solución fue validada mediante una prueba piloto aplicada a tres equipos durante cuatro semanas, comparando resultados con datos históricos. Los hallazgos mostraron mejoras relevantes: aumento de productividad del 28% (de 289 a 370 tallos/hora), incremento del 10,7% en horas efectivas (de 6,83 a 7,56 horas diarias), reducción del costo unitario de \$180,97 COP a \$164,32 COP (9,2%) y eliminación de sobrecostos estimados en \$60,3 millones COP en ocho meses. Asimismo, se redujo la cantidad de equipos de 14 a 12, generando ahorros mensuales de \$8 millones COP sin afectar la producción. La reorganización también mejoró las condiciones

laborales, disminuyó la fatiga y optimizó el uso del espacio disponible. Este estudio evidencia el impacto positivo de la ingeniería industrial en procesos agrícolas y demuestra que la mejora del layout es una estrategia de bajo costo y alto retorno, cuya metodología es aplicable a otras áreas de Indigo Farms y a empresas floricultoras con necesidades similares, fortaleciendo su competitividad en mercados internacionales.

Palabras clave: Optimización de layout, eficiencia operativa, flujo de materiales, poscosecha, mejora continua.

Abstract

At Indigo Farms, a company dedicated to the production and export of cut flowers, operational deficiencies were identified in the post-harvest area, particularly in the distribution of the classification and bunching workstations, which generated idle time, unnecessary movements of up to 1.2 hours per team per day, physical overload for workers, failure to meet production targets, and additional costs that affected competitiveness. The objective of this study was to redesign the plant's operational layout to optimize material flow and personnel arrangement, increasing productivity and reducing losses. The methodology applied was quantitative, descriptive, and practical, developed in three phases: diagnosis, design, and evaluation. During the diagnosis, direct observations, time and motion studies, route analyses, interviews with operators, and a review of production and financial indicators were conducted. The proposed redistribution was based on principles of industrial engineering, Systematic Layout Planning (SLP), lean manufacturing, and ergonomics, designing a "face-to-face" configuration with a central conveyor belt to eliminate lateral movements and improve communication between teams. The solution was validated through a pilot test applied to three teams over four weeks, comparing results with historical data. The findings showed significant improvements: a 28% increase in productivity (from 289 to 370 stems/hour), a 10.7% increase in effective working hours (from 6.83 to 7.56 hours per day), a reduction in unit cost from COP \$180.97 to COP \$164.32 (9.2%), and the elimination of estimated overruns totaling COP \$60.3 million in eight months. Additionally, the number of operational teams was reduced from 14 to 12, generating monthly savings of COP \$8 million without affecting production levels. The reorganization also improved working conditions, reduced fatigue, and optimized the use of available space. This study highlights the positive impact of industrial

engineering in agricultural processes and demonstrates that layout improvement is a low-cost, high-return strategy, whose methodology can be applied to other areas of Indigo Farms and to floriculture companies with similar needs, strengthening their competitiveness in international markets.

Keywords: Layout optimization, operational efficiency, material flow, post-harvest, continuous improvement.

Tabla de Contenido

Introducción	7
Objetivos	9
Objetivo general	9
Objetivos específicos	9
Planteamiento del Problema	10
Justificación	12
Marco Teórico	16
Panorama general de la floricultura en Colombia	16
Retos y competitividad del sector	16
La cadena de suministro en la floricultura	17
Abastecimiento y producción	17
Distribución y logística	19
Diseño de layout y flujo de trabajo	21
Estudios de tiempos y movimientos	21
Contexto en la floricultura colombiana	22
Marco conceptual	24
Metodología	27
Fase 1: Diagnóstico del proceso actual	27
Fase 2: Diseño de la propuesta de optimización	28
Fase 3: Implementación y evaluación de la propuesta	29
Desarrollo	30
Diagnóstico inicial	30
Productividad por equipo de trabajo	41
Identificación de Puestos Críticos	44
Propuesta de mejora	50
Fundamentación técnica del diseño de layout propuesto	53
Prueba Piloto	56
Implementación a todos los puestos de trabajo	61
Resultados de la implementación	67
Rendimiento en tallos por equipo de trabajo	67
Horas productivas ejecutadas	69
Costos ejecutados	72
Análisis financiero del impacto operativo	74
Limitaciones del estudio	78
Conclusiones	79
Recomendaciones	80
Referencias Bibliográficas	82

Introducción

La floricultura es uno de los sectores más relevantes de la economía colombiana, reconocido a nivel internacional por la calidad y diversidad de sus productos. Colombia ocupa el segundo lugar como exportador mundial de flores cortadas, lo que convierte a esta industria en un eje estratégico para el desarrollo económico, la generación de empleo y la consolidación del país en los mercados globales. No obstante, este sector enfrenta desafíos significativos relacionados con la optimización de procesos, la reducción de pérdidas y la eficiencia en el uso de los recursos, particularmente en la etapa de poscosecha, en la cual se determinan en gran medida la calidad y la competitividad del producto final.

Indigo Farms, empresa dedicada a la producción y exportación de flores cortadas, presenta dificultades en su área de poscosecha asociadas al diseño del layout operativo actual. La distribución ineficiente de los puestos de trabajo, los recorridos prolongados de los operarios y el uso inadecuado del espacio generan cuellos de botella que afectan el flujo de las operaciones. Estas limitaciones impactan directamente la productividad y elevan los costos operativos, además de comprometer la frescura y calidad de las flores, factores determinantes para mantener la competitividad en un mercado altamente exigente.

En este contexto, el presente proyecto se orienta al análisis y optimización del proceso de poscosecha en Indigo Farms, con el propósito de identificar oportunidades de mejora que permitan reorganizar el flujo de trabajo y optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles. Para ello, se emplearán herramientas de ingeniería industrial enfocadas en el rediseño del layout operativo, la redistribución de los puestos de trabajo y la reducción de desplazamientos innecesarios. La investigación busca ofrecer soluciones

prácticas y fundamentadas que incrementen la productividad, reduzcan las pérdidas y fortalezcan la eficiencia operativa de la empresa.

Este trabajo de grado constituye un aporte significativo tanto para Indigo Farms como para el sector floricultor en general, al proponer estrategias aplicables a otras organizaciones que enfrenten desafíos similares en sus procesos de poscosecha. Con un enfoque académico, técnico y orientado a resultados, la investigación evidencia la importancia de la mejora continua y la optimización de procesos como herramientas fundamentales para garantizar la sostenibilidad y competitividad de la industria floricultora colombiana en los mercados internacionales.

Objetivos

Objetivo general

Optimizar el flujo de trabajo en la línea de producción de Índigo Farms mediante la redistribución de los puestos de trabajo y la reorganización del abastecimiento de materias primas, con el fin de reducir los desplazamientos innecesarios, minimizar los tiempos muertos, balancear costos de mano de obra y mejorar los rendimientos de los equipos de trabajo en el proceso de armado de ramos de flores.

Objetivos específicos

Analizar el flujo actual de trabajo en la línea de producción de Índigo Farms, identificando desplazamientos innecesarios, tiempos muertos, sobrecostos de mano de obra e ineficiencias en el rendimiento de los equipos.

Diseñar una propuesta de redistribución de los puestos de trabajo y reorganización del abastecimiento de materias primas, con base en los hallazgos del análisis, que permita reducir los tiempos de desplazamiento, optimizar el uso del recurso humano y mejorar la eficiencia operativa. evaluar.

Implementar y evaluar la propuesta de mejora mediante una prueba piloto, comparando indicadores de productividad, costos operativos y tiempos de proceso antes y después de la optimización.

Planteamiento del Problema

En la empresa Indigo Farms, dedicada a la producción y comercialización de flores cortadas, se ha identificado una deficiencia en la distribución del área de trabajo dentro de la línea de producción. Actualmente, 14 operarios deben desplazarse constantemente para recoger las materias primas necesarias para el armado de los ramos, lo que genera tiempos muertos, ineficiencias operativas y una distribución desigual de la carga laboral.

Uno de los efectos más notables de esta situación es la disminución en la productividad de los equipos de trabajo. La meta establecida para cada equipo de dos operarios es de 360 tallos por hora, pero el rendimiento actual es de 289 tallos en promedio, lo que representa un déficit del 19,72%. Durante un turno, operan 14 equipos conformados por 28 operarios, lo que genera una producción por equipo de trabajo de 2.312 tallos por turno, muy por debajo del objetivo de 3.120 tallos.

El análisis de tiempos en la planta evidencia que cada equipo de trabajo destina 1,2 horas diarias en desplazamientos internos, lo que acumulado en una jornada laboral de 8 horas equivale a 16,8 horas perdidas por día. Este desperdicio de tiempo afecta la capacidad productiva y aumenta los costos operativos, reduciendo la capacidad de respuesta y afectando el cumplimiento de los compromisos de producción. Adicionalmente, estos retrasos prolongan el tiempo entre la cosecha y el empaque, lo que puede afectar la frescura y calidad de las flores, comprometiendo así la satisfacción del cliente.

Además, la distribución ineficiente del espacio reduce el tiempo efectivo de trabajo; aunque la meta operativa es de 7,60 horas productivas por turno, actualmente solo se alcanzan 6,83 horas, lo que representa un déficit de 10,13% en el tiempo operativo meta y un 15% menos con respecto al tiempo regular de trabajo (8 horas).

Este problema genera un costo adicional significativo: considerando que el valor de una hora de trabajo ordinaria en Colombia es de \$9.636 COP , la ineficiencia operativa representa una pérdida de \$161.884 COP diarios. En un período de 8 meses, con una operación continua de 30 días por mes, el costo total de las horas no productivas asciende a 38,8 millones de pesos colombianos.

Adicionalmente, el déficit en la capacidad productiva ha obligado a extender la jornada laboral con horas extras. En promedio, los 14 equipos deben laborar 2 horas extras, una o dos veces por semana, generando un sobre costo de \$21.500.000 COP en 8 meses debido al recargo del 25% sobre la hora ordinaria. Este costo adicional impacta la rentabilidad y competitividad del negocio.

Desde el punto de vista financiero, la ineficiencia en la producción incrementa el costo de mano de obra por unidad producida. El valor óptimo debería ser \$170 COP por unidad, pero actualmente está en \$180,97 COP, lo que representa un sobre costo del 13,1%.

La falta de una redistribución eficiente de los puestos de trabajo y los puntos de almacenamiento no solo impacta la eficiencia operativa, sino que compromete los tiempos de entrega y la rentabilidad del negocio. Se requiere optimizar el flujo de trabajo en la línea de producción, minimizando desplazamientos innecesarios, equilibrando la carga laboral y mejorando la productividad general de la planta.

Implementar una solución basada en el análisis y reorganización del espacio de trabajo permitirá aumentar la eficiencia operativa, reducir costos y mejorar la capacidad de producción, cerrando las brechas actuales en términos de productividad, costos y tiempos de trabajo.

Justificación

La floricultura es uno de los pilares fundamentales de la economía agrícola colombiana. Colombia es el segundo mayor exportador de flores del mundo y el primero en el mercado de Estados Unidos, lo que convierte a este sector en una fuente clave de divisas, empleo rural y posicionamiento internacional. No obstante, la creciente competencia global, la presión sobre los costos y los altos estándares de calidad y cumplimiento exigen que las empresas floricultoras adopten procesos productivos cada vez más eficientes, sostenibles y alineados con las exigencias del mercado. En este contexto, la optimización de los procesos de poscosecha se convierte en una necesidad estratégica.

Indigo Farms, una empresa dedicada a la producción y comercialización de flores cortadas, enfrenta actualmente desafíos relacionados con la eficiencia operativa de su línea de producción, específicamente en la etapa de armado de ramos. Se han identificado recorridos excesivos de los operarios, distribución poco funcional del espacio de trabajo, tiempos muertos significativos y carga laboral desbalanceada, lo cual no solo afecta la productividad diaria, sino también los costos de operación y el cumplimiento de los pedidos. Estos elementos comprometen la rentabilidad de la compañía, así como su capacidad de mantener una posición competitiva en los mercados internacionales.

La producción semanal actual de la planta alcanza los 166.000 tallos, mientras que la demanda del mercado asciende a 190.000. Esta brecha de 24.000 tallos semanales evidencia la urgencia de mejorar la eficiencia operativa, ya que no solo impide el cumplimiento total de los pedidos, sino que también limita la posibilidad de crecimiento comercial. Si no se implementan estrategias operativas fundamentadas, las ineficiencias

identificadas podrían intensificarse, comprometiendo la capacidad de respuesta de la empresa especialmente en temporadas de alta demanda. La propuesta de reorganizar la distribución operativa de la planta busca reducir al menos un 11 % del tiempo improductivo, lo que permitiría alcanzar una producción estimada de 196.000 tallos semanales. Con este volumen, no sólo se cubriría la demanda actual, sino que se lograría un excedente que fortalecería la capacidad de respuesta ante imprevistos o picos estacionales.

Desde el enfoque técnico, se ha evidenciado que los operarios destinan en promedio 1,2 horas diarias a desplazamientos internos para recolectar materia prima, lo cual, en una jornada de 8 horas, representa un 15 % de tiempo no productivo. Esta ineficiencia genera un sobre costo económico acumulado cercano a los \$38.800.000 COP en solo ocho meses. Sumado a esto, la necesidad de laborar horas extras para compensar los retrasos implica un sobre costo adicional de aproximadamente \$21.500.000 COP en el mismo periodo. Por tanto, el impacto económico de mantener una distribución inadecuada supera los 60 millones de pesos, sin incluir los efectos indirectos como la fatiga del personal, la pérdida de calidad por mayor tiempo entre cosecha y empaque, y el desgaste de los recursos físicos.

Tal como lo señalan autores como Tompkins et al. (2010) y Slack et al. (2020), el diseño de la distribución en planta o layout es un componente crítico para garantizar la eficiencia operativa. Una disposición lógica y funcional del espacio de trabajo permite eliminar desplazamientos innecesarios, mejorar la ergonomía, facilitar la supervisión y reducir los tiempos de ciclo. En procesos manuales y repetitivos como el armado de ramos, estos elementos son determinantes para alcanzar altos niveles de rendimiento. Además, el rediseño de flujos operativos, bajo un enfoque de mejora continua, permite transformar actividades que no agregan valor en oportunidades de ahorro y productividad.

La optimización propuesta implica ubicar clasificadores y bonchadores frente a frente, separados por una banda transportadora central que permitirá una transferencia directa del producto. Esta configuración responde al principio de flujo continuo, reduce interferencias y minimiza errores por descoordinación. Estudios de caso en otras industrias han demostrado que intervenciones de esta naturaleza aumentan la productividad entre un 15 % y un 30 %, de acuerdo con las condiciones operativas específicas del sistema analizado. En este caso particular, una prueba piloto realizada con tres equipos de trabajo permitió validar una mejora del 27 % en el rendimiento por hora, con una eficiencia sostenida cercana al 98 % de la meta empresarial. Además, se logró reducir el número de equipos operativos de 14 a 12, sin afectar el cumplimiento de los pedidos, lo que representa un ahorro mensual de \$8.000.000 COP en mano de obra directa.

Desde el punto de vista organizacional, esta intervención también contribuye a mejorar las condiciones laborales. La reducción de desplazamientos disminuye la fatiga muscular y el riesgo de lesiones, mejora el clima laboral y favorece la retención del talento humano. Este aspecto cobra especial importancia en sectores como la floricultura, caracterizados por su alta dependencia del trabajo manual y la sensibilidad del producto al tiempo de procesamiento.

En cuanto a la aplicabilidad y replicabilidad, esta propuesta tiene un valor agregado importante: puede servir como modelo para otras líneas de producción dentro de la misma empresa o incluso para otras compañías del sector floricultor. La metodología aplicada —diagnóstico, rediseño, implementación piloto y evaluación— es sistemática y adaptable, y permite obtener resultados medibles en corto plazo con una inversión moderada.

En términos académicos, este estudio también representa un aporte relevante. Permite la aplicación práctica de conceptos de ingeniería industrial, diseño de procesos, análisis de tiempos y movimientos, y distribución de planta, en un contexto real y de impacto económico tangible. Además, evidencia cómo las herramientas de optimización pueden ser utilizadas no solo para mejorar indicadores, sino para transformar integralmente una operación, con beneficios en productividad, costos, calidad y bienestar laboral.

Este proyecto representa una solución concreta y bien fundamentada a una problemática operativa que afecta directamente la productividad y sostenibilidad de Indigo Farms. La redistribución del área de poscosecha, basada en principios técnicos de diseño de planta y optimización de procesos, ha demostrado generar mejoras significativas sin requerir grandes inversiones. La reducción de desplazamientos, el rediseño del flujo de trabajo y la mejora ergonómica de los puestos se traducen en un proceso más ágil, rentable y humano. Además, los resultados alcanzados permiten evidenciar el potencial de esta intervención como modelo replicable, tanto en otras áreas de la compañía como en empresas similares del sector floricultor. Su impacto económico, operativo y organizacional refuerza la importancia de aplicar herramientas de ingeniería industrial para construir procesos más eficientes, sostenibles y alineados con las demandas del mercado actual.

Marco Teórico

Panorama general de la floricultura en Colombia

La floricultura colombiana es uno de los sectores agrícolas más relevantes para la economía nacional. Desde mediados del siglo XX ha mantenido un crecimiento sostenido, consolidándose como el segundo exportador mundial de flores frescas y el principal proveedor del mercado estadounidense (Asocolflores, 2024; El País, 2025). Actualmente, las flores colombianas llegan a más de 100 países, entre ellos Japón, Canadá, Corea del Sur, España, Rusia y Reino Unido (Agronegocios, 2024; Forbes, 2025).

En 2024, las exportaciones florícolas alcanzaron aproximadamente 2.350 millones de dólares, con un incremento del 13 % en valor y 8 % en volumen respecto al año anterior (Asocolflores, 2024). Este sector representa el 5 % del total de exportaciones nacionales y el 11 % de las exportaciones no minero-energéticas, generando más de 200.000 empleos formales (ICA, 2024; La Prensa Oriente, 2025).

Su éxito se atribuye principalmente a las condiciones geográficas y climáticas favorables, que permiten una producción constante durante todo el año. Zonas como la Sabana de Bogotá, el oriente antioqueño y el Eje Cafetero destacan como las principales regiones productoras, respaldadas por infraestructura logística aérea y el uso de tecnologías modernas (Agronegocios, 2024; Portafolio, 2024).

Retos y competitividad del sector

Aunque Colombia mantiene el liderazgo en exportaciones, la competencia internacional ha aumentado, reduciendo su participación en el mercado estadounidense, que concentra entre 75 % y 80 % de las exportaciones (Forbes, 2025; Infobae, 2025). Además,

la alta elasticidad de la demanda hace que las crisis económicas globales impactan el consumo, pues las flores son consideradas un bien suntuario (Traub & Vicuña, 2012).

Estudios recientes indican que un aumento arancelario en EE.UU. del 5 % al 25 % podría generar sobrecostos de hasta 140 millones de dólares, afectando la competitividad del sector (El Economista, 2025; Infobae, 2025). Esto resalta la necesidad de diversificar mercados y optimizar procesos internos para mantener el liderazgo internacional.

La cadena de suministro en la floricultura

La cadena de suministro es clave para asegurar la competitividad del sector, desde el abastecimiento de insumos hasta la distribución final.

Abastecimiento y producción

El abastecimiento es la primera etapa, responsable de planificar, organizar y gestionar la adquisición de insumos y materias primas. Una administración eficiente permite equilibrar inventarios y garantizar la disponibilidad de materiales (Camargo, 2019).

La producción incluye selección de proveedores, control de tiempos de entrega y calidad de insumos. En Colombia, los métodos de cosecha abarcan semillas, propagación in vitro, estacas e injertos, seguidos por procesos de poscosecha que controlan variables como temperatura, humedad e hidratación (Oviedo & Rodríguez, 2009).

El abastecimiento en la etapa de poscosecha se define como el proceso de planificar, coordinar y controlar la provisión de materiales, insumos, herramientas y recursos operativos necesarios para mantener la continuidad del flujo productivo después del corte de la flor. Su adecuada gestión garantiza la disponibilidad de elementos como materiales de empaque, hidratantes, conservantes, soluciones nutritivas, etiquetas, materiales de sujeción

y equipos de refrigeración, todos esenciales para conservar la calidad del producto final (Camargo, 2019). Una administración eficiente del abastecimiento permite evitar interrupciones en la línea de poscosecha, mantener el equilibrio de inventarios, reducir pérdidas por vencimiento o deterioro, y optimizar los tiempos de preparación y empaque (Royal FloraHolland, 2024).

En la actualidad, las empresas del sector floricultor han fortalecido sus procesos de planificación y control de insumos de poscosecha mediante el uso de herramientas digitales y metodologías de abastecimiento justo a tiempo (*Just in Time*). Estas prácticas reducen el exceso de inventario y garantizan que los materiales lleguen exactamente cuando son requeridos por las líneas de empaque y clasificación. Por ejemplo, la implementación de sistemas de gestión de inventarios y trazabilidad permiten monitorear niveles de stock, tiempos de reposición y consumos históricos, mejorando la capacidad de respuesta ante picos de demanda (Metroflor Colombia, 2025).

Un componente clave del abastecimiento en poscosecha es la selección de proveedores confiables, que aseguren insumos compatibles con los estándares de calidad exportadora. Los materiales de empaque deben ser resistentes, reciclables, y aptos para el transporte en cadena de frío; mientras que los productos químicos y soluciones preservantes deben estar certificados y cumplir con regulaciones ambientales internacionales (Royal FloraHolland, 2025). En este sentido, la relación con proveedores estratégicos se convierte en un factor crítico de éxito, pues la calidad del insumo influye directamente en la vida útil y presentación final de la flor.

Los estudios más recientes en el sector confirman que un flujo logístico bien abastecido y sincronizado puede incrementar la productividad de la línea de poscosecha hasta en un 25 % (Floraldaily, 2024). Esto se logra al asegurar que las estaciones cuenten con los materiales justos como por ejemplo, empaques, bolsas, cauchos o etiquetas en el momento exacto en que se requieren, evitando detenciones por falta de insumos o reprocesos por materiales defectuosos.

Otra práctica en crecimiento es la planificación del abastecimiento según el pronóstico de demanda, que permite coordinar con el área comercial las cantidades de insumos requeridas para las fechas pico (como San Valentín o el Día de la Madre), optimizando así la disponibilidad de materiales y la capacidad productiva. Royal FloraHolland (2024) resalta que las plantas que implementan sistemas de pronóstico logístico y de demanda en tiempo real logran una reducción de hasta el 20 % en desperdicios y un aumento de la eficiencia global de la línea.

Distribución y logística

La distribución asegura que las flores lleguen a su destino en óptimas condiciones. Factores clave incluyen empaque, almacenamiento, transporte y documentación (González et al., 2019). Empresas del sector han implementado estrategias logísticas innovadoras, como rediseños de almacenes, flujos de tráfico unidireccional y pasillos en ángulo para mejorar la eficiencia operativa (Stuckey, 2024). Además, la digitalización de procesos ha acelerado pedidos y reducido tiempos de entrega.

La distribución y la logística constituyen eslabones fundamentales en la cadena de valor de la floricultura, ya que determinan la capacidad de las empresas para entregar

productos en óptimas condiciones y dentro de los tiempos establecidos. En el caso de las flores de exportación, el mantenimiento de la calidad depende en gran medida de la eficiencia con que se gestionen los procesos de empaque, almacenamiento, transporte y documentación. De acuerdo con González et al. (2019), una gestión logística adecuada puede representar la diferencia entre conservar o perder el valor comercial del producto, especialmente cuando se trata de bienes perecederos como las flores cortadas.

En los últimos años, la logística del sector floricultor ha evolucionado significativamente gracias a la incorporación de nuevas tecnologías y prácticas sostenibles. Una de las tendencias más relevantes es la gestión de la cadena de frío (Cold Chain Management), que busca mantener una temperatura constante desde la cosecha hasta el destino final. La ruptura de esta cadena puede ocasionar un aceleramiento del metabolismo vegetal, pérdida de agua, proliferación de patógenos y reducción en la vida en florero. Según Floraldaily (2025), mantener las flores entre 0 °C y 5 °C durante todo el trayecto puede extender su vida útil entre un 30 % y un 50 %. Esta estrategia es ampliamente utilizada en países exportadores como Kenia, Ecuador y Colombia, donde el transporte refrigerado y el monitoreo de temperatura se han convertido en factores críticos de éxito (Floriculture Kenya, 2024).

La digitalización de los procesos logísticos también ha transformado la manera en que se gestiona la distribución de flores. Actualmente, los sistemas de gestión de almacenes (*Warehouse Management Systems*, WMS) y de transporte (*Transportation Management Systems*, TMS) permiten un control más riguroso de los inventarios, la trazabilidad del producto y el seguimiento en tiempo real de las condiciones de envío (Adaption IT, 2023). Estos sistemas integran herramientas de monitoreo por sensores IoT (Internet of Things),

las cuales registran la temperatura, humedad y ubicación de los productos, generando alertas automáticas ante cualquier desviación. En países productores como Colombia y Ecuador, la adopción de estas tecnologías ha permitido reducir los errores de despacho y los tiempos de entrega en más del 15 % (Hortfresh Journal, 2024).

Diseño de layout y flujo de trabajo

El diseño de línea y layout consiste en organizar de forma estratégica los pasos que conforman un proceso productivo. Su propósito es establecer el orden más adecuado de las operaciones, optimizar el flujo de trabajo y reducir desperdicios, con el fin de implementar un sistema de producción más eficiente, adaptable y orientado a las necesidades del cliente. Un diseño bien planificado permite incrementar la productividad, mejorar la calidad, ofrecer mayor flexibilidad y disminuir los tiempos de entrega (Pereira, 2025)

Estudios de tiempos y movimientos

Niebel y Freivalds (2003) enfatizan que el tiempo improductivo en desplazamientos representa pérdidas significativas si no se gestiona. Meyers y Stewart (2002) proponen reorganizar trayectorias para optimizar la sincronización y eficiencia.

Dentro del marco de mejora continua, la reconfiguración del layout con métodos como *Systematic Layout Planning (SLP)* y manufactura esbelta ha demostrado ser una estrategia económica y de alta efectividad. Por ejemplo, un estudio de 2024 reportó reducciones del 34 % en recorridos de material y mejoras del 26 % en utilización del espacio al aplicar estos principios en una planta de acero (Aguja, Sukania & Andrian, 2024). De igual forma, investigaciones del 2025 muestran que un rediseño específico del layout logró reducir distancias internas en más de 900 metros y mejorar el tiempo de

manejo de materiales en 34 segundos en una fábrica de pellets plásticos (Nachaisit et al., 2025). Estos hallazgos evidencian que cambios acotados y bien planificados en la distribución interna pueden generar impactos operativos relevantes sin necesidad de ampliar recursos.

Contexto en la floricultura colombiana

Rodríguez y Sánchez (2017) identifican que las deficiencias en la organización física son una de las principales causas de bajo rendimiento en poscosecha. González et al. (2019) destacan que rutas internas optimizadas y flujos unidireccionales favorecen el trabajo continuo. Este marco conceptual respalda propuestas de rediseño que buscan eliminar desplazamientos innecesarios y aumentar la productividad.

La floricultura constituye uno de los sectores agrícolas más representativos y dinámicos de Colombia, tanto por su impacto económico como por su relevancia social. De acuerdo con la Organización Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC, 2023), el país cuenta con más de 10.500 hectáreas dedicadas al cultivo de flores, generando exportaciones que superan los 2.080 millones de dólares anuales y un volumen cercano a las 310.000 toneladas. Esta cifra ubica a Colombia como el segundo exportador mundial de flores, solo después de los Países Bajos, consolidando su posición en el mercado internacional.

Según ProColombia (2024), cerca del 79 % de las flores producidas en el país se exportan hacia los Estados Unidos, lo que refleja una fuerte dependencia del mercado norteamericano. Las regiones de Cundinamarca y Antioquia concentran más del 95 % del área productiva destinada a la exportación, aprovechando su ubicación estratégica y condiciones climáticas favorables. Floraldaily (2024) destaca que estas regiones han

desarrollado una infraestructura logística especializada en almacenamiento, clasificación, empaque y transporte aéreo refrigerado, elementos clave para mantener la calidad de los productos exportados.

Otro aspecto destacado del contexto floricultor colombiano es la transición hacia modelos productivos sostenibles. El programa Florverde Sustainable Flowers (FSF), impulsado por Asocolflores, certifica actualmente a cerca del 38 % de las flores exportadas, incorporando estándares ambientales, sociales y administrativos más exigentes (SuperFloral, 2024). Este tipo de certificaciones ha impulsado la adopción de prácticas más responsables en el uso de recursos, manejo de residuos, seguridad laboral y eficiencia energética, además de reforzar la imagen de Colombia como productor de flores sostenibles a nivel internacional.

En síntesis, el contexto de la floricultura colombiana combina un alto potencial competitivo con desafíos estructurales en eficiencia operativa, sostenibilidad y logística. Las oportunidades de mejora se concentran principalmente en el rediseño de los procesos de poscosecha, la integración de tecnologías de control y trazabilidad, y la consolidación de sistemas logísticos que reduzcan pérdidas y costos. En este escenario, proyectos como el desarrollado en Indigo Farms aportan evidencia práctica de cómo las mejoras en la organización física y el flujo interno pueden traducirse en incrementos reales de productividad y reducción de pérdidas, contribuyendo al fortalecimiento del sector floricultor nacional.

Marco conceptual

Distribución de planta

La distribución en planta resulta esencial en las organizaciones dedicadas a procesos productivos, ya que se encarga de organizar eficientemente las áreas involucradas en la fabricación, buscando optimizar el uso del espacio, reducir desplazamientos innecesarios y tiempos muertos, garantizar condiciones seguras para los trabajadores, y permitir ajustes o expansiones futuras en la operación (Fernández Arévalo & Rhenals Cassiani, 2011).

Poscosecha

En el caso de las flores de corte, la etapa de poscosecha es crítica para preservar la calidad del producto hasta su comercialización. Esta fase requiere controlar variables como hidratación, temperatura, higiene y manipulación adecuada, ya que su vida útil se ve limitada por factores como el crecimiento bacteriano y la deshidratación (De la Riva Morales, 2011).

Floricultura

La floricultura es una rama de la horticultura dedicada al cultivo y comercialización de flores y plantas ornamentales. Representa una importante fuente de empleo, exportaciones y desarrollo rural. En Colombia, es una industria estratégica que ha consolidado liderazgo internacional gracias a sus condiciones agroclimáticas y logísticas (Bastida Cañada, 2023).

Cadena de suministro

Es el conjunto de procesos interrelacionados que integran la producción, almacenamiento, transporte y distribución de productos desde el origen hasta el consumidor final. Una cadena eficiente busca minimizar tiempos, costos y errores, manteniendo la calidad y continuidad del flujo (Gutiérrez, 2020).

Calidad

En entornos productivos, la calidad se refiere al grado en que un producto cumple con los requisitos establecidos, tanto en términos físicos como funcionales. En la floricultura, esto implica frescura, presentación, hidratación y durabilidad, factores que impactan directamente en su aceptación comercial (Slack et al., 2020).

Productividad

La productividad mide la relación entre los insumos utilizados (como mano de obra, tiempo y materiales) y los productos generados. En contextos industriales, aumentar la productividad implica producir más con los mismos recursos o reducir desperdicios e ineficiencias para lograr el mismo nivel de producción (Meyers & Stewart, 2002).

Eficiencia operativa

Hace referencia a la capacidad de una organización para ejecutar sus procesos utilizando la menor cantidad posible de recursos sin sacrificar calidad. Se relaciona con la eliminación de tareas que no agregan valor, como tiempos muertos o recorridos innecesarios (Niebel & Freivalds, 2003).

Tiempos muertos

Son aquellos períodos durante los cuales un trabajador, equipo o proceso permanece inactivo, generalmente por mala planificación, deficiencias en el layout o falta de materiales. Reducir los tiempos muertos es clave para mejorar el rendimiento global del sistema (Slack et al., 2020).

Rendimiento laboral

Es la cantidad de producción generada por un operario en un periodo determinado. Este indicador permite evaluar la eficiencia individual y colectiva, y se ve afectado por la distribución de planta, los métodos de trabajo y la coordinación entre equipos (Rodríguez & Sánchez, 2017).

Layout o diseño de planta

Es la representación gráfica y funcional del espacio físico de trabajo. Un buen layout busca optimizar el flujo de materiales, minimizar desplazamientos, facilitar la supervisión y mejorar las condiciones ergonómicas para el operario (Tompkins et al., 2010).

Metodología

El desarrollo de este proyecto cuenta con un enfoque cuantitativo y descriptivo, utilizando herramientas de análisis de procesos y optimización para mejorar la eficiencia en la línea de producción de Índigo Farms. La metodología se estructurará en tres fases principales, siguiendo las directrices de la norma APA séptima edición para la presentación de trabajos académicos.

Se adoptó un enfoque cuantitativo debido a la naturaleza medible de las variables clave, tales como el tiempo de desplazamiento, la productividad por hora y los costos por unidad producida. Para la prueba piloto, se utilizó un muestreo intencional, seleccionando equipos representativos con distintos niveles de desempeño operativo.

Fase 1: Diagnóstico del proceso actual

Observación y recolección de datos

Se llevó a cabo un estudio de campo para identificar los desplazamientos de los trabajadores, los tiempos muertos y las ineficiencias en el abastecimiento de materias primas. Esta información se recopiló a través de observaciones directas, entrevistas estructuradas con los operarios y mediciones de tiempo mediante cronometraje.

Análisis del flujo de trabajo

Se emplearon herramientas de ingeniería industrial, como diagramas de procesos y diagramas de recorrido, para visualizar los movimientos dentro del área de producción y determinar posibles redundancias o ineficiencias en la distribución del trabajo.

Identificación de problemas

Con base en la información recolectada, se identificaron los principales cuellos de botella en el proceso, los tiempos improductivos y las oportunidades de mejora. Se utilizaron indicadores de desempeño para cuantificar el impacto de estas ineficiencias en la productividad general.

Fase 2: Diseño de la propuesta de optimización

Rediseño de la distribución de puestos de trabajo

Se evaluaron distintas alternativas de redistribución del personal y los espacios de trabajo con el fin de reducir desplazamientos innecesarios y equilibrar la carga laboral entre los operarios.

Optimización del flujo de materiales

Se propuso una nueva disposición de las materias primas para minimizar los tiempos de traslado y mejorar la eficiencia operativa. Se consideró la aplicación de técnicas como la organización en celdas de trabajo o la implementación de estaciones de almacenamiento estratégicas.

Uso de herramientas de optimización

Se aplicó metodologías de ingeniería industrial, como la disposición de planta (“layout”), el análisis de movimientos y la gestión de tiempos estándar, para diseñar un sistema de trabajo más eficiente y productivo.

Fase 3: Implementación y evaluación de la propuesta

Prueba piloto

La nueva distribución se implementó en una sección específica de la planta de producción, aplicándola a tres equipos de trabajo. El objetivo es evaluar su impacto en los tiempos operativos y en los costos asociados, permitiendo así validar la viabilidad de su aplicación a mayor escala.

Medición de indicadores de desempeño

Se realizó un análisis comparativo entre los datos obtenidos antes y después de la implementación de la propuesta, considerando indicadores como la reducción en los tiempos de desplazamiento, el incremento en la productividad y la disminución de costos operativos.

Ajustes y recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos, se propusieron ajustes finales para optimizar el desempeño del sistema de producción. Se establecieron recomendaciones para garantizar la sostenibilidad de la optimización a largo plazo y su posible aplicación en otras áreas de la empresa.

Desarrollo

Diagnóstico inicial

Como parte de la Fase 1 del diagnóstico del proceso de poscosecha, se aplicó una encuesta estructurada al personal operativo con el fin de identificar los principales factores que generan desplazamientos frecuentes, tiempos muertos y posibles dificultades en la ubicación de los materiales. La encuesta fue dirigida a siete (7) bonchadores y siete (7) clasificadores, lo que representa el 50% del total del personal operativo, conformado por catorce (14) equipos de trabajo de dos personas cada uno.

El instrumento aplicado constó de preguntas cerradas enfocadas en aspectos relacionados con los desplazamientos, tiempos muertos, organización del espacio y productividad. Su diseño buscó recopilar información cuantitativa que permitiera analizar los patrones de movimiento, las interrupciones operativas y la percepción de los trabajadores sobre la distribución actual de los materiales. La aplicación de la encuesta se realizó de manera individual y durante la jornada laboral, garantizando la confidencialidad de las respuestas y la participación voluntaria.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la encuesta aplicada al personal operativo de boncheo y clasificación, se observó que el 75% de los colaboradores se desplaza entre áreas con frecuencia o muy frecuentemente, lo cual evidencia un flujo constante de movimiento dentro de la zona de trabajo. En cuanto al tiempo estimado de cada desplazamiento, la mayoría indicó tardar entre 2 y 5 minutos, lo que representa una pérdida significativa cuando se acumula a lo largo de la jornada.

Asimismo, el 92% de los participantes considera que estos desplazamientos afectan su productividad, resaltando la necesidad de optimizar la disposición del espacio. En relación con las condiciones de los pasillos, solo un 25% percibe que las rutas están libres de obstáculos, lo que sugiere oportunidades de mejora en la organización del entorno.

Por otro lado, el tiempo promedio perdido por pausas o tiempos muertos se estima entre 30 y 60 minutos diarios, principalmente asociados a desplazamientos y espera de materiales. En cuanto a las sugerencias de mejora, el 83% de los operarios considera que los materiales deberían ubicarse más cerca de su puesto de trabajo, mientras que el nivel de productividad percibido se ubica entre medio y alto. Finalmente, el 100% de los encuestados coincide en que una mejor distribución del espacio facilita el trabajo y permitiría realizar las actividades de manera más eficiente.

Con base en los resultados obtenidos, se complementó la información mediante observaciones directas y mediciones de tiempo, fortaleciendo así el diagnóstico del proceso actual en la línea de poscosecha.

Durante el análisis de la distribución actual de la planta, se identificaron deficiencias significativas en el diseño espacial. Aunque se cuenta con equipos de trabajo previamente establecidos, la disposición física de los puestos no favorece un flujo continuo ni eficiente de la operación. Como se muestra en el esquema (Figura 1), las distancias excesivas entre los operarios generan interrupciones en la secuencia de actividades, afectando negativamente la sincronización de tareas y reduciendo el rendimiento global del equipo. Esta configuración espacial inadecuada incrementa los tiempos de desplazamiento,

genera tiempos muertos y limita la capacidad de respuesta del sistema productivo, comprometiendo así la eficiencia operativa.

Análisis de causa raíz: técnica de los 5 Porqués

Para identificar la causa estructural del problema observado, se aplicó la técnica de los 5 Porqués. Este método permite ir más allá de los síntomas visibles, profundizando en las razones que originan la ineficiencia en el proceso. El siguiente análisis resume los hallazgos:

Problema: Los operarios pierden tiempo en desplazamientos para recoger materia prima.

- ¿Por qué? Los puestos de clasificación y boncheo están ubicados lejos unos de otros.
- ¿Por qué? El layout actual de la planta no está diseñado en función del flujo de trabajo.
- ¿Por qué? La distribución original respondió a la disponibilidad de espacio, no a criterios de eficiencia.
- ¿Por qué? No se aplicaron herramientas técnicas de ingeniería industrial en el diseño inicial.
- ¿Por qué? No se contaba con personal capacitado ni con un análisis técnico del proceso.

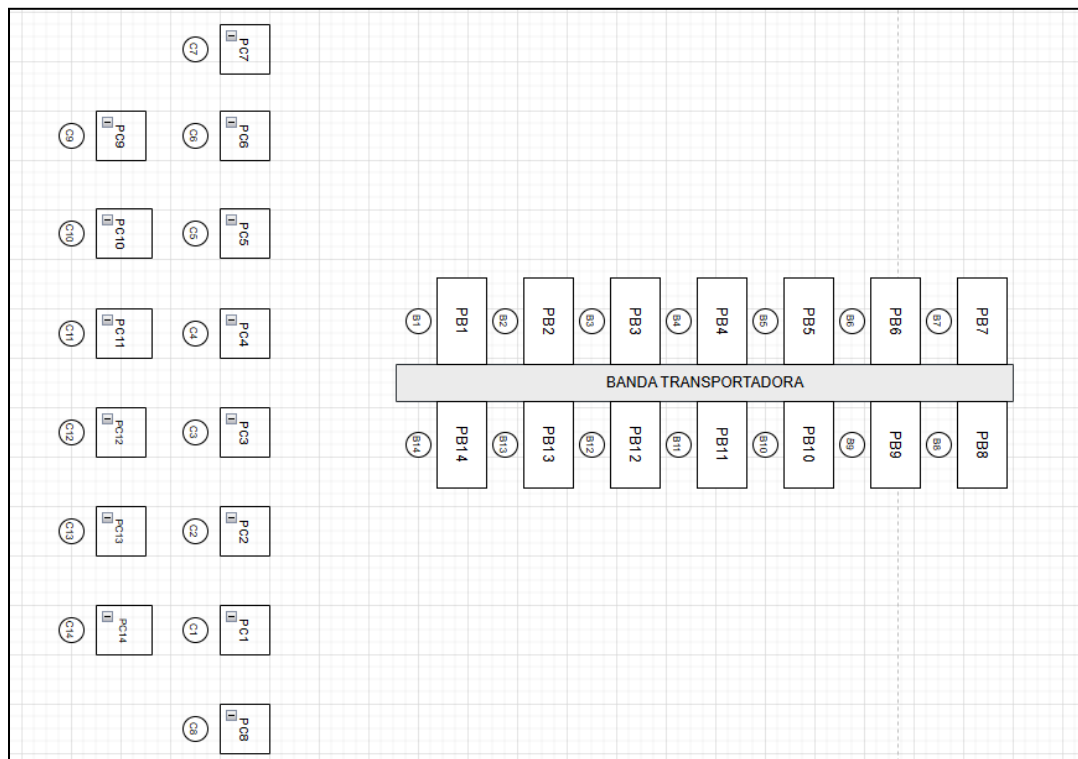
Esta cadena de respuestas permite concluir que la falta de una planeación técnica especializada en el diseño de la planta ha generado ineficiencias operativas que afectan el rendimiento general del sistema productivo. La ausencia de criterios funcionales como la proximidad operativa, flujo lineal de materiales y ergonomía del trabajo ha derivado en una

distribución espacial desorganizada que impone recorridos innecesarios y tiempos muertos. Además, esta deficiencia estructural no solo limita la capacidad de respuesta ante picos de demanda, sino que también incrementa el costo unitario de producción, reduce la productividad esperada y genera una carga física desigual para los operarios.

La evidencia recolectada mediante análisis de tiempos y recorridos refuerza esta conclusión, demostrando que los desplazamientos son un factor crítico en la pérdida de eficiencia. En este contexto, resulta imprescindible aplicar herramientas de la ingeniería industrial y rediseñar el layout con base en principios técnicos, garantizando una estructura operativa alineada con los objetivos de productividad y competitividad de la empresa.

Figura 1

Distribución actual de los puestos de trabajo



Nota. Elaboración propia.

Análisis preliminar de las condiciones actuales

A continuación, se presentan las tablas y gráficas correspondientes al diagnóstico inicial de la situación actual. Esta sección tiene como objetivo mostrar de manera clara y estructurada los datos recopilados, con el fin de identificar las condiciones reales del proceso, los recursos disponibles y posibles puntos críticos que afectan la eficiencia. Esta información servirá como base para el análisis posterior y la formulación de propuestas de mejora. Además, este análisis inicial permite establecer una línea base cuantitativa sobre la cual se podrán evaluar los efectos de las acciones de mejora implementadas en fases posteriores.

Horas Productivas

Tabla 1

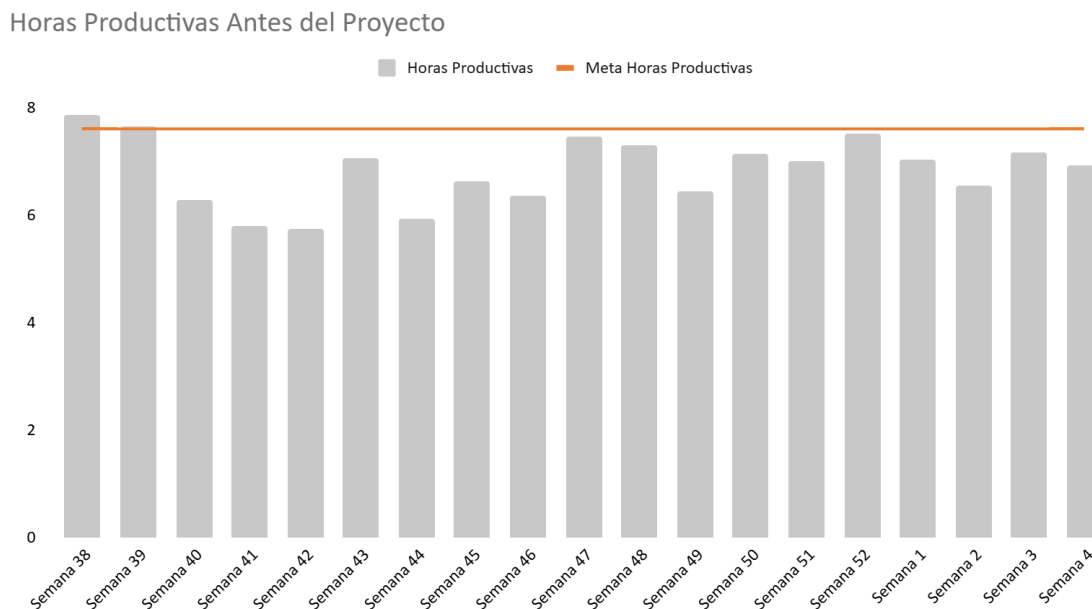
Horas productivas promedio por turno – Semanas 38 a 4

Semana	Horas Productivas
Semana 38	7,85
Semana 39	7,66
Semana 40	6,28
Semana 41	5,79
Semana 42	5,74
Semana 43	7,05
Semana 44	5,92
Semana 45	6,63
Semana 46	6,35
Semana 47	7,45
Semana 48	7,29
Semana 49	6,44
Semana 50	7,14
Semana 51	7
Semana 52	7,5
Semana 1	7,02
Semana 2	6,54
Semana 3	7,16
Semana 4	6,91

Nota. Elaboración propia

Figura 2

Evolución semanal de horas productivas frente a la meta (7,6 horas)



Fuente: Elaboración propia

Durante el periodo comprendido entre la semana 38 del año 2024 y la semana 47 del mismo año, se realizó un seguimiento detallado de las horas productivas diarias promedio por equipo en la línea de armado de ramos de flores en Indigo Farms. El objetivo de esta medición fue evaluar el cumplimiento frente a la meta establecida de 7,6 horas productivas por jornada, dentro de un turno laboral de 8 horas.

Los resultados se presentan en la siguiente tabla y gráfico, donde se evidencia una variabilidad significativa en el rendimiento semanal. El promedio general durante este periodo fue de 6,83 horas productivas por turno, lo que representa un déficit del 10,13% respecto a la meta. Este valor implica una pérdida acumulada de más de una hora efectiva

de trabajo por turno, lo que representa un impacto directo en la cantidad de tallos procesados por equipo y, en consecuencia, en la capacidad de respuesta de la planta.

Las semanas con mejor desempeño fueron la semana 38, con un promedio de 7,85 horas, y la semana 47, con 7,45 horas, ambas por encima del tiempo máximo esperado, lo que indica posibles ajustes positivos en el flujo de trabajo o gestión del tiempo. En contraste, las semanas 41 y 42 presentaron los valores más bajos, con 5,79 y 5,74 horas respectivamente, lo cual sugiere interrupciones o ineficiencias operativas durante esos periodos.

Este comportamiento refleja una tendencia oscilante en el aprovechamiento del tiempo de trabajo, con mejoras notorias en algunas semanas, pero sin una continuidad clara que permita consolidar el rendimiento. Se observa que en las semanas finales del 2024 e inicios del 2025 (semanas 51, 52, 1, 2 y 3), se mantuvo una productividad constante por encima de la meta, lo que podría atribuirse a medidas de mejora implementadas o mayor estabilidad en los procesos.

Estos hallazgos refuerzan la necesidad de analizar los factores que permitieron los picos de productividad, con el fin de replicarlos de manera sostenible. De igual forma, se recomienda establecer mecanismos de control visual y seguimiento diario que permitan alertar a los supervisores sobre desviaciones significativas frente a la meta operativa.

Asimismo, se requiere intervenir las causas que generan los bajos desempeños para minimizar las pérdidas de tiempo, mejorar la eficiencia global y reducir los costos operativos asociados.

Costos de mano de obra por unidad producida

Tabla 2

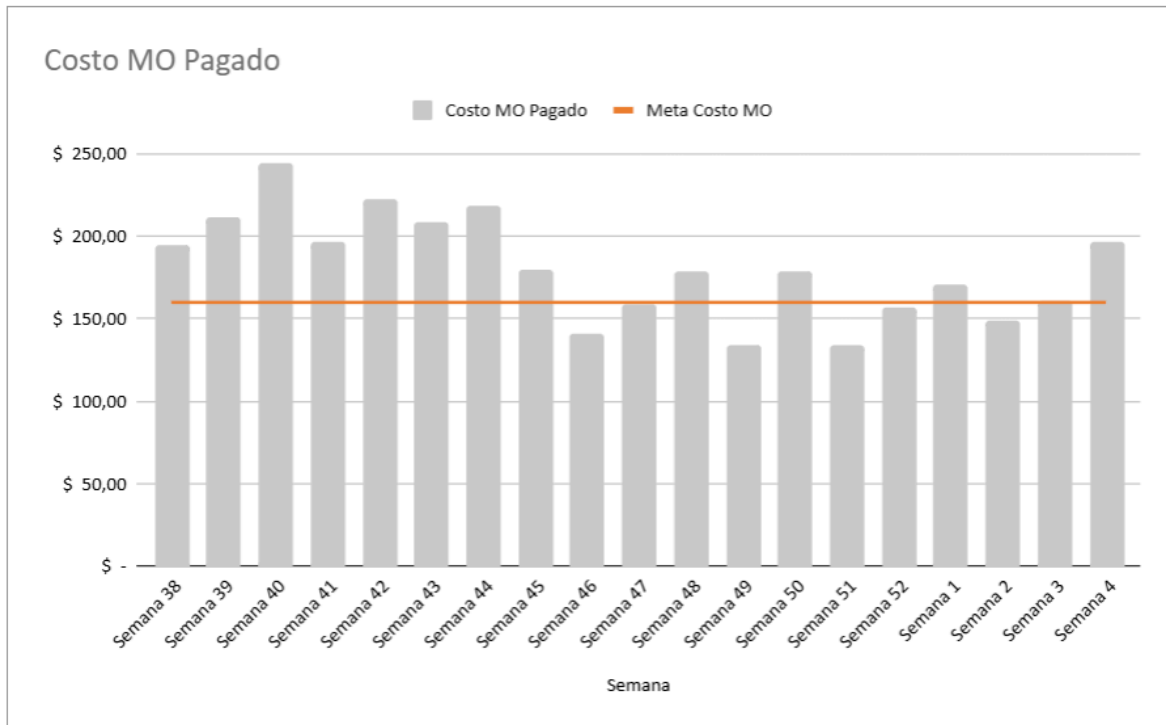
Costo semanal de mano de obra pagada – Semanas 38 a 4

Semana	Costo MO x Unidad
Semana 38	195,12
Semana 39	211,28
Semana 40	244,91
Semana 41	197,03
Semana 42	222,48
Semana 43	208,23
Semana 44	218,35
Semana 45	180,21
Semana 46	141,31
Semana 47	158,8
Semana 48	178,84
Semana 49	134,08
Semana 50	178,84
Semana 51	134,08
Semana 52	157,34
Semana 1	170,8
Semana 2	149,21
Semana 3	160,51
Semana 4	197,03

Nota: Elaboración propia

Figura 3

Tendencia semanal del costo de mano de obra por unidad vs meta



Nota: Elaboración propia

Durante el periodo comprendido entre la semana 38 del año 2024 y la semana 4 de 2025, se realizó un seguimiento semanal del costo de la mano de obra en la línea de producción de ramos en Indigo Farms. Esta medición permite identificar variaciones en los costos laborales relacionadas con la eficiencia operativa y la gestión del tiempo productivo.

Los datos, presentados en la tabla y gráfico siguientes, muestran una tendencia variable en el costo de mano de obra, que oscila entre \$134,08 COP y \$244,91 COP semanales. El valor más alto se registró en la semana 40, indicando un posible bajo aprovechamiento del tiempo o disminución en la productividad que elevó los costos. En

contraste, las semanas 49 y 51 presentaron los costos más bajos, con \$134,08 COP, probablemente por una mejor eficiencia o reducción de horas improductivas. Este tipo de resultados indica que existe un potencial claro de ahorro en costos laborales si se logra mantener la eficiencia operativa en niveles óptimos de forma constante.

En general, se observa que cuando mejora el rendimiento operativo —como en las semanas 50, 51, 1, 2 y 3—, los costos tienden a mantenerse por debajo de la meta de 160, lo que confirma la relación directa entre productividad y control de costos. Por otro lado, los picos de gasto en las semanas 40, 42 y 44 sugieren la necesidad de analizar los factores que causaron estas alzas, tales como retrasos, descoordinación logística o ausentismo.

Este análisis refuerza la importancia de optimizar los procesos internos para mantener los costos laborales en niveles sostenibles. Mejorar la organización del área de trabajo, el abastecimiento de insumos y la coordinación entre equipos puede generar mejoras significativas en el rendimiento y la rentabilidad del proceso productivo.

Cabe resaltar que una mejora sostenida en estos indicadores no solo mejora la rentabilidad, sino que también fortalece la competitividad frente a otros actores del sector floricultor nacional e internacional.

Productividad por equipo de trabajo

Tabla 3

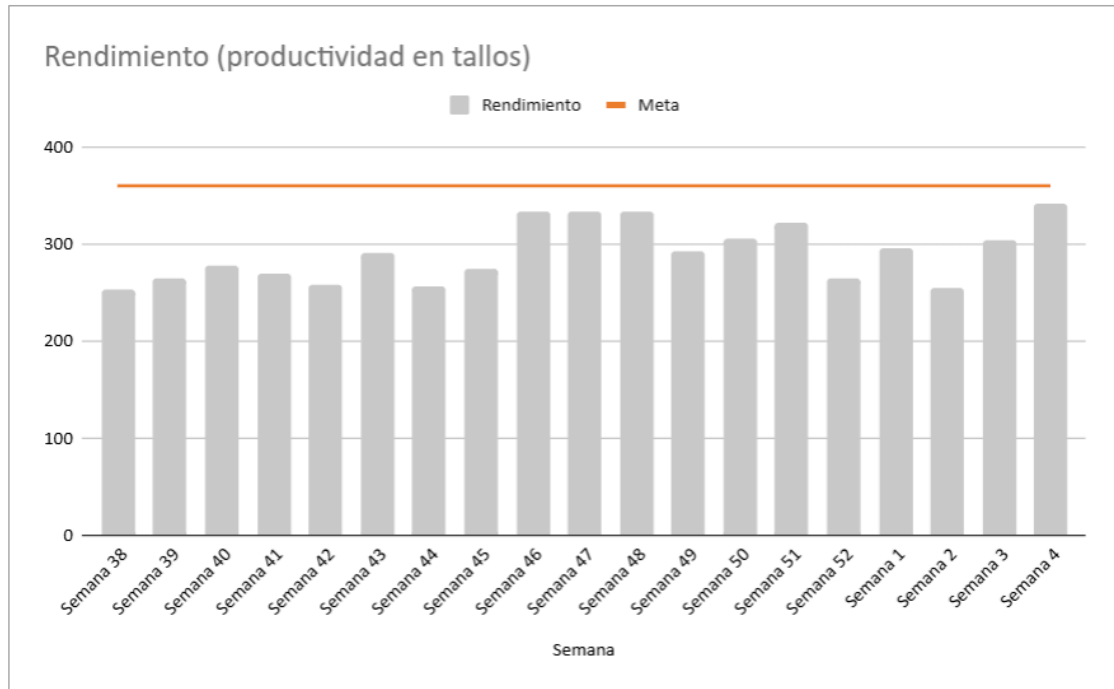
Rendimiento semanal por equipo de trabajo – Semanas 38 a 4

Semana	Rendimiento
Semana 38	252
Semana 39	264
Semana 40	277
Semana 41	270
Semana 42	258
Semana 43	291
Semana 44	256
Semana 45	274
Semana 46	334
Semana 47	334
Semana 48	333
Semana 49	293
Semana 50	306
Semana 51	322
Semana 52	265
Semana 1	296
Semana 2	254
Semana 3	304
Semana 4	342

Nota: Elaboración propia

Figura 4

Rendimiento semanal por equipo frente a la meta (360 tallos/hora)



Nota: Elaboración propia

Las gráficas muestran la evolución semanal del rendimiento por equipo de trabajo en la línea de producción de la floricultura, durante el periodo comprendido entre la semana 38 del año 2024 y la semana 4 del año 2025. La tabla adjunta presenta el rendimiento registrado en tallos por hora, el cual se compara con la meta operativa establecida de 360 tallos por hora.

El análisis evidencia que, aunque en varias semanas se observaron mejoras puntuales, ninguna semana alcanzó el objetivo de rendimiento establecido. El promedio general durante este periodo fue de 289 tallos por hora, lo que representa un cumplimiento

del 80,3% respecto a la meta, es decir, una brecha de 71 tallos por hora por equipo, que acumulada en un turno de trabajo representa más de 560 tallos no procesados por cada equipo diariamente.

Las semanas 46, 47, y 48 destacaron con los valores más altos de rendimiento, alcanzando 334 y 333 tallos por hora, acercándose al 93% de la meta, lo que sugiere una mejora parcial en la eficiencia operativa. Por otro lado, semanas como la 38 (252 tallos) y la 44 (256 tallos) presentaron un rendimiento bajo, reflejando oportunidades de mejora en el uso del tiempo y los recursos disponibles.

Este comportamiento confirma lo señalado en el planteamiento del problema: existen ineficiencias estructurales en la organización del trabajo, tales como desplazamientos innecesarios, tiempos improductivos y descoordinación en el flujo de materiales. Aunque se observan avances en ciertas semanas, no hay aún una tendencia sostenida que garantice el cumplimiento continuo de la meta.

En este sentido, el análisis gráfico y numérico respalda la necesidad de implementar mejoras estructurales en la distribución del área de trabajo, así como estrategias de estandarización y control que permitan lograr un nivel estable y competitivo de productividad.

Identificación de Puestos Críticos

Los equipos de trabajo han sido identificados numéricamente en pares (1-1, 2-2, etc.), representando la asignación entre clasificadores y bonchadores. En la figura 2 se evidencia que la configuración actual de los puestos de trabajo obliga a los bonchadores a realizar desplazamientos constantes para acceder al producto, debido a una distribución espacial poco eficiente. Esta situación es particularmente crítica en los puestos PB7 y PB8 (Ver figura 6), ubicados en la zona más alejada de sus respectivos compañeros de equipo, lo que interrumpe la secuencia de trabajo y constituye un cuello de botella en el proceso. Estos desplazamientos adicionales generan acumulación de tiempos muertos, disminuyen la productividad y aumentan las ineficiencias operativas, al comprometer la continuidad y el ritmo del flujo de trabajo. Adicional a esto, esta distancia impide una comunicación fluida entre los operarios, dificultando la coordinación y aumentando la probabilidad de errores en la entrega del producto.

Figura 5

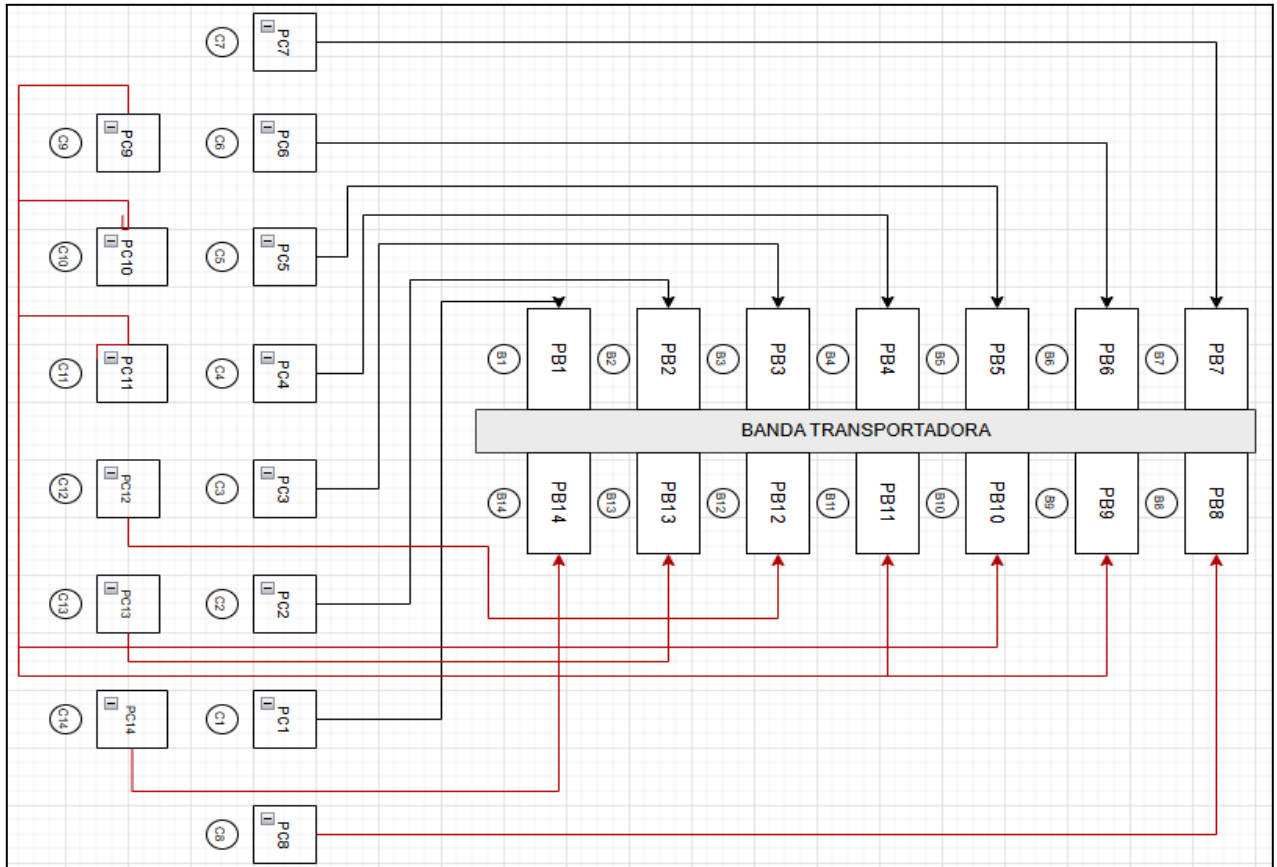
Fotografía situación actual de la planta



Nota. Elaboración propia.

Figura 6

Representación gráfica de desplazamientos



Nota. Las líneas rojas representan los desplazamientos de los puestos de trabajo PB8 - PB14 y las líneas negras representan los desplazamientos de los puestos de trabajo PB1 - PB 7. Elaboración propia

En la Figura 6 se presenta el esquema de distribución actual de los puestos de clasificación (PC1–PC14) y boncheo (PB1–PB14) dentro de la planta de poscosecha. Este diseño permite visualizar las rutas de desplazamiento que deben realizar los operarios bonchadores para recoger el producto procesado por sus compañeros clasificadores.

Cada línea en el esquema representa el flujo de trabajo entre un clasificador y su respectivo bonchador. Se evidencia que las trayectorias varían significativamente en longitud y orientación, lo que afecta directamente la continuidad operativa. Por ejemplo, los puestos PB7 y PB8 están conectados a clasificadores ubicados en extremos opuestos de la planta (PC7 y PC8), generando trayectos largos y transversales. Además, algunas de estas rutas se intersectan con los desplazamientos de otros equipos, lo que incrementa el riesgo de congestión y posibles interferencias en los pasillos de trabajo.

Esta situación convierte varias estaciones en puntos críticos del proceso, ya que los largos desplazamientos generan tiempos muertos que afectan la eficiencia general. Como se detalla en la tabla 4, el análisis de estos trayectos refleja una pérdida operativa promedio de 1,2 horas diarias por equipo de trabajo. Considerando los 14 equipos activos en la planta, esto equivale a una pérdida total de 16,8 horas por jornada.

Tabla 4*Análisis de tiempos de desplazamiento*

Equipo (PC–PB)	Recorrido estimado (m)	Tiempo total por día (min)
PC1 – PB1	6	69
PC2 – PB2	6	71
PC3 – PB3	8	66
PC4 – PB4	9	70
PC5 – PB5	10	74
PC6 – PB6	28	81
PC7 – PB7	28	84
PC8 – PB8	10	73
PC9 – PB9	9	71
PC10 – PB10	8	67
PC11 – PB11	6	68
PC12 – PB12	6	69
PC13 – PB13	10	72
PC14 – PB14	10	73
Promedio	—	71,9 min (≈ 1,2 h)
Total	—	1.006 min (≈ 16,8 h)

Nota: Elaboración propia

Al calcular el impacto económico, y tomando como referencia un costo promedio de \$9.636 COP por hora de trabajo, se estima una pérdida diaria de aproximadamente \$161.885 COP. Proyectado a un mes laboral de 26 días, el sobre costo asciende a \$4.208.998 COP, y si se extiende a un periodo de 10 meses, la pérdida acumulada podría alcanzar los \$42.089.960 COP. Todo esto se debe exclusivamente a recorridos innecesarios dentro del área operativa.

Además del impacto económico, la asimetría en la disposición de los puestos de trabajo interrumpe el flujo natural del proceso y genera una sobrecarga física para ciertos operarios. Aquellos cuya ruta de traslado implica sortear múltiples estaciones experimentan

mayor fatiga, lo que puede traducirse en una disminución del rendimiento, afectaciones ergonómicas y potenciales problemas de salud laboral.

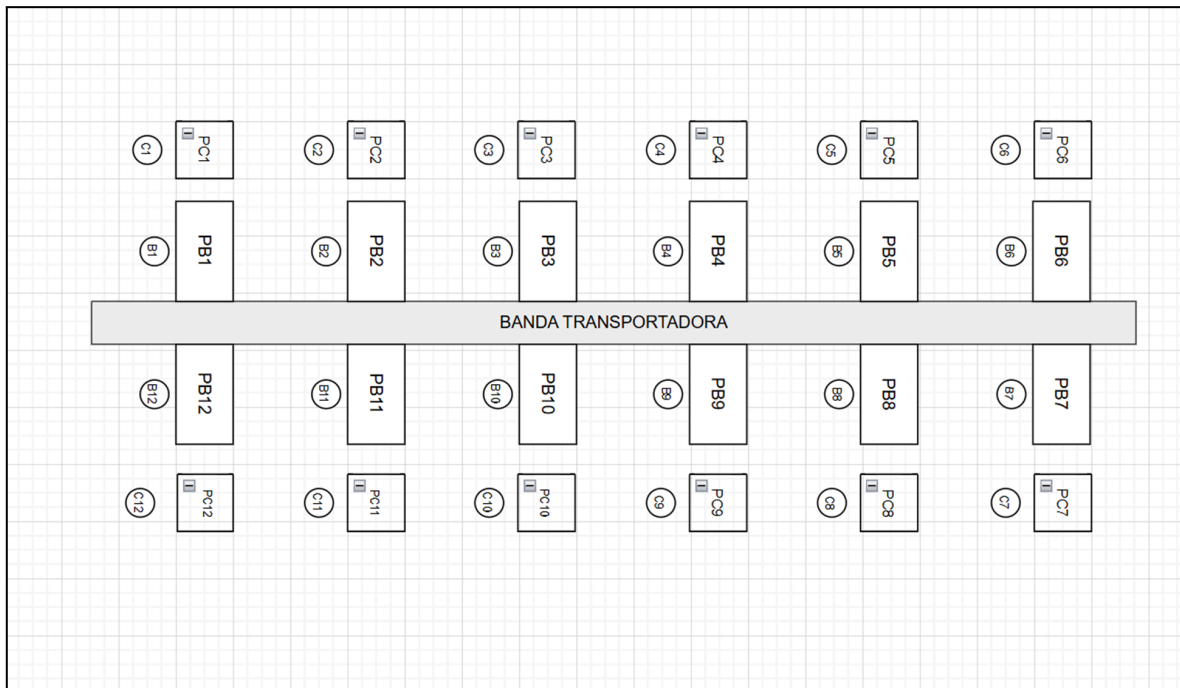
Estos hallazgos evidencian la necesidad urgente de rediseñar el layout de la planta. Una redistribución funcional que priorice la proximidad entre puestos, un flujo lineal del proceso y el equilibrio en la carga operativa, permitiría minimizar los desplazamientos innecesarios, mejorar el rendimiento por equipo y reducir los costos derivados de la ineficiencia espacial. Además, contribuiría a crear un entorno de trabajo más ordenado, seguro y ergonómico, favoreciendo una operación más ágil y sostenible en la compañía Indigo Farms.

Propuesta de mejora

Se diseñó un layout para la redistribución de toda la planta operativa, considerando la totalidad de los espacios disponibles tanto a lo largo como a lo ancho del área de producción (ver figura 7).

Figura 7

Propuesta de redistribución de los puestos de trabajo de bonchadores y clasificadores



Nota. Elaboración propia

Este rediseño se fundamenta en principios de ingeniería industrial, priorizando la eficiencia del flujo de trabajo, la reducción de desplazamientos innecesarios y la mejora en la ergonomía operativa.

El nuevo esquema propone una alineación paralela y equidistante entre los puestos de clasificación (PC) y boncheo (PB), ubicándolos frente a frente y separados por una

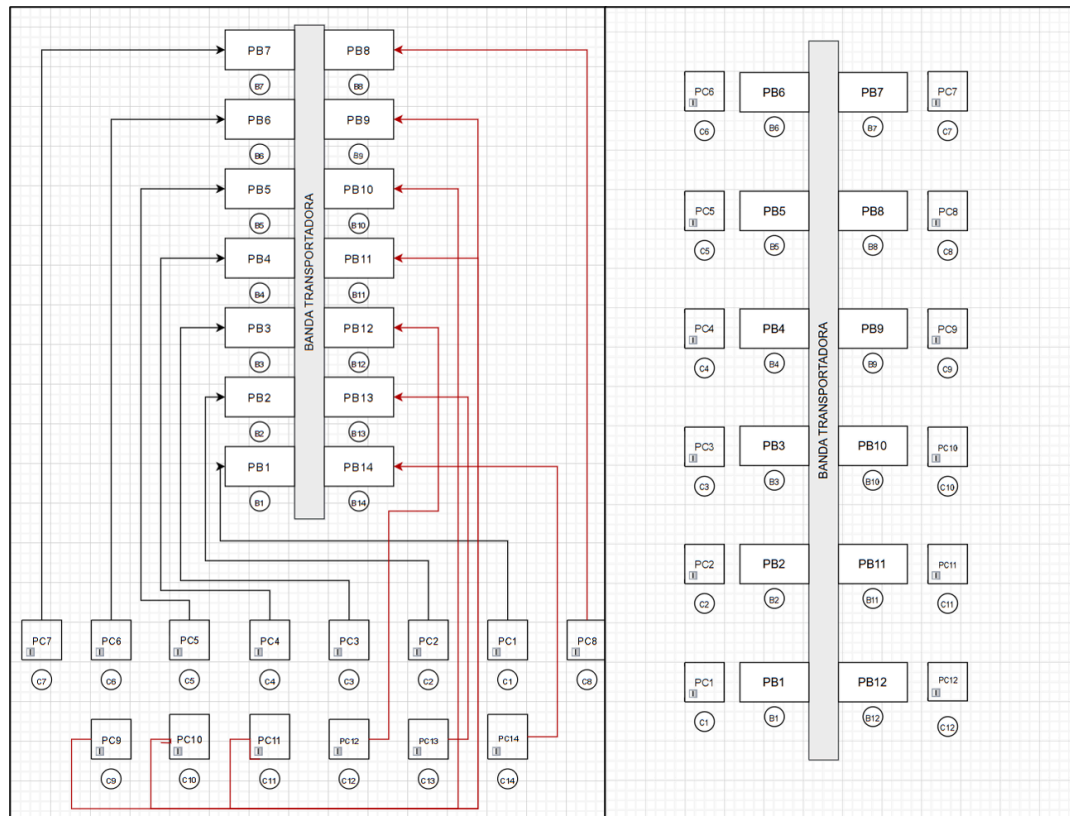
banda transportadora central. Esta disposición permite una transferencia directa del material entre procesos sin necesidad de desplazamientos laterales o cruzados, lo que minimiza tiempos muertos y evita interferencias operativas, reduciendo la distancia promedio recorrida por los operarios en un porcentaje significativo según observaciones preliminares.

Adicionalmente, el layout asegura una mejor visibilidad entre operarios del mismo equipo, facilitando la comunicación, coordinación y supervisión del proceso. La organización en espejo también favorece la estandarización de tareas, el equilibrio de la carga laboral y la distribución uniforme del espacio de trabajo.

Desde el punto de vista logístico, este diseño mejora el flujo unidireccional de las flores desde recepción hasta boncheo, con una disposición que permite escalar el proceso sin alterar la estructura operativa. Se prevé que esta configuración reduzca significativamente los desplazamientos críticos identificados en el diseño anterior (ver figura comparativa), generando un impacto directo en la productividad, la eficiencia operativa y la reducción de costos laborales.

Figura 8

Layout actual vs layout propuesto



Nota.: Elaboración propia

Fundamentación técnica del diseño de layout propuesto

La redistribución propuesta para la línea de poscosecha en Indigo Farms se basa en principios contemporáneos del diseño de planta industrial que buscan optimizar la eficiencia operativa mediante una disposición espacial lógica y funcional. Estos principios incluyen la racionalización del flujo de materiales y personas, la reducción al mínimo de movimientos innecesarios, el uso eficiente del espacio y una mejor visibilidad para supervisión y comunicación (GENEDGE, s. f.; DeFlow, 2025). Un diseño de tipo “frente a frente” con cinta transportadora central, por ejemplo, permite una secuencia lineal del proceso, facilitando el paso directo del producto entre la estación de clasificación y la de boncheo sin desplazamientos laterales o cruces superfluos dentro de la planta.

Este enfoque también responde al principio de flujo continuo descrito por Tompkins et al. (2010), el cual promueve la organización del proceso productivo en una secuencia lógica que reduzca interrupciones, acumulación intermedia de producto y reprocesos. La disposición en espejo de los puestos de trabajo, asegura un flujo unidireccional desde la recepción hasta el empaque, minimizando interferencias entre operarios, tiempos de espera y posibles cuellos de botella.

Adicionalmente, se incorpora el principio de mínimo recorrido, el cual busca reducir las distancias recorridas tanto por los operarios como por el producto. En la configuración anterior, se identificaron desplazamientos promedio de 1,2 horas por día por equipo de trabajo, lo que se traduce en aproximadamente 16,8 horas improductivas por jornada. La nueva distribución elimina estos movimientos innecesarios, ya que el bonchador accede al material procesado de forma inmediata y directa, alineándose con lo

propuesto por Niebel y Freivalds (2003) respecto a la importancia de minimizar movimientos en procesos manuales para mejorar el rendimiento operativo.

Desde el punto de vista ergonómico, la disposición “frente a frente” contribuye a mejorar las condiciones físicas del puesto de trabajo, al eliminar la necesidad de cargar o transportar los “árboles de clasificación” a través de los pasillos o estaciones adyacentes. Esto reduce significativamente el riesgo de lesiones músculo-esqueléticas y la fatiga del operario. De acuerdo con Meyers y Stewart (2002), un diseño ergonómicamente adecuado debe ubicar herramientas y materiales dentro de un rango de alcance cómodo, facilitando movimientos simétricos y naturales que favorezcan la productividad y disminuyan la tasa de errores por fatiga.

Para justificar la selección de esta configuración, se evaluaron dos alternativas adicionales:

- **Distribución lateral mixta:** clasificadores y bonchadores ubicados en líneas paralelas pero separadas, sin soporte mecánico para la transferencia del producto, lo cual implica traslados manuales y mayor carga operativa.
- **Distribución en “L” o “U” invertida:** disposición que rodea un área de almacenamiento central, pero que implica recorridos compartidos y potenciales interferencias entre equipos de trabajo.

Ambas alternativas fueron descartadas debido a su mayor complejidad en la implementación, tendencia a generar acumulación de producto, sobrecarga física del operario y cruces en el flujo operativo. En contraste, la configuración seleccionada permite un flujo lineal y sincronizado, reduce interferencias, y facilita la supervisión directa, mejorando la coordinación y comunicación entre estaciones. Este diseño se ajusta al

enfoque de layout por producto, recomendado para procesos con alta repetitividad y secuencia definida, como es el caso del armado de ramos.

En conclusión, la redistribución propuesta responde a las necesidades detectadas durante el diagnóstico operativo y está alineada con principios técnicos ampliamente reconocidos en el ámbito de la ingeniería industrial. La disposición simétrica de las estaciones, el uso de bandas transportadoras y la proximidad funcional entre actividades críticas constituyen elementos clave para lograr una operación más fluida, eficiente y ergonómica.

Tabla 5

Comparativo entre alternativas de layout

Criterio	Distribución lateral mixta	Distribución en "L" o "U" invertida	Distribución frente a frente con banda (Propuesta)
Flujo del proceso	Parcialmente lineal. Requiere cruces intermedios.	Flujo discontinuo con puntos de cruce.	Flujo 100% lineal y continuo.
Recorridos de operarios	Medios. Requiere traslado lateral constante.	Largos y compartidos entre equipos, con interferencias.	Mínimos. Entrega directa entre clasificador y bonchador.
Sincronización de tareas	Limitada. Posibles cuellos de botella entre estaciones.	Baja. Dependencia de múltiples trayectos y estaciones.	Alta. Trabajo coordinado y sin interrupciones.
Espacio requerido	Amplio. Necesita pasillos laterales entre estaciones.	Muy amplio. Área central de uso común, difícil de supervisar.	Compacto y ordenado. Distribución simétrica eficiente.
Facilidad de supervisión	Media. Requiere desplazarse entre líneas.	Baja. Visibilidad parcial por ubicación dispersa.	Alta. Línea clara y operarios alineados.
Ergonomía	Regular. Altos movimientos laterales y transporte manual.	Baja. Mayor esfuerzo físico por recorridos largos.	Alta. Movimientos naturales, sin carga ni desplazamiento.
Requiere banda transportadora	No	No	Sí
Costo de implementación	Bajo	Medio	Medio
Eficiencia esperada	Moderada. Mejora parcial de tiempos.	Baja. Riesgo de congestión operativa.	Alta. Reducción de tiempos y costos comprobada.

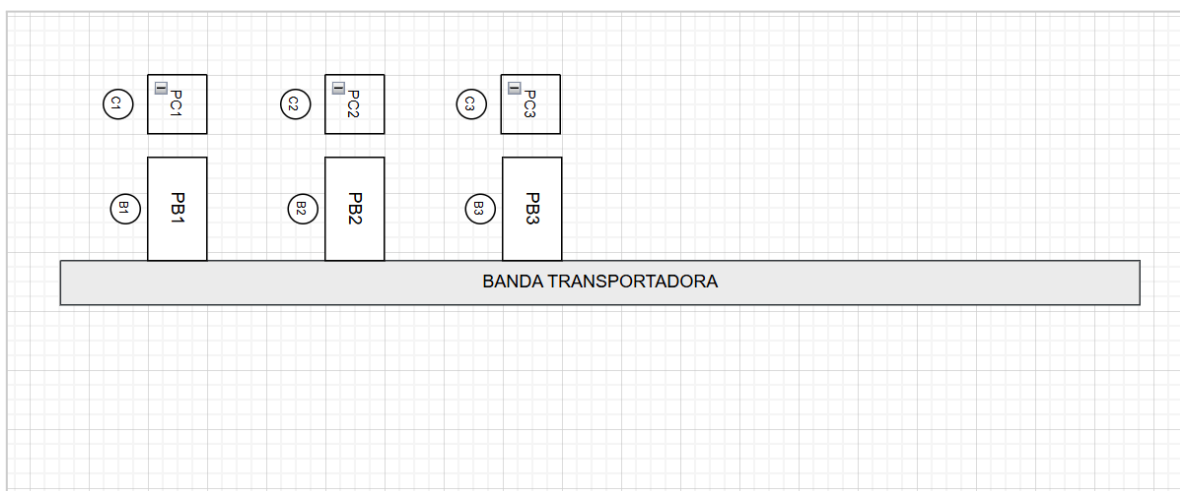
Nota.: Elaboración propia

Prueba Piloto

Para llevar a cabo la prueba piloto, se implementó la redistribución propuesta en tres puestos de trabajo, tal como se presenta en la Figura 9.

Figura 9

Layout prueba piloto con 3 equipos de trabajo



Nota. Elaboración propia

Esta etapa marcó el inicio del proceso de validación de la propuesta de mejora. Se llevó a cabo un muestreo del desempeño de tres equipos seleccionados estratégicamente (ver tabla 6), durante el periodo comprendido entre las semanas 5 y 8. La selección de los equipos se basó en tres niveles de eficiencia operativa: bajo, medio y alto, con el objetivo de analizar el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones y establecer un promedio de referencia para la formulación del plan de mejora. La estrategia de seleccionar niveles diferentes de eficiencia permitió observar el efecto de la nueva distribución en diversos escenarios operativos, lo que fortalece la validez de los resultados obtenidos.

Tabla 6

Medición productividad equipos de muestra

Semana	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3
5	333	262	260
6	354	373	343
7	406	389	325
8	444	419	367

Nota: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 6, todos los equipos presentaron mejoras en su nivel de productividad a lo largo del periodo de prueba. En promedio, los tres equipos incrementaron su rendimiento semanal en un 27 %, destacando el equipo 1 con un crecimiento del 33 % entre las semanas 5 y 8.

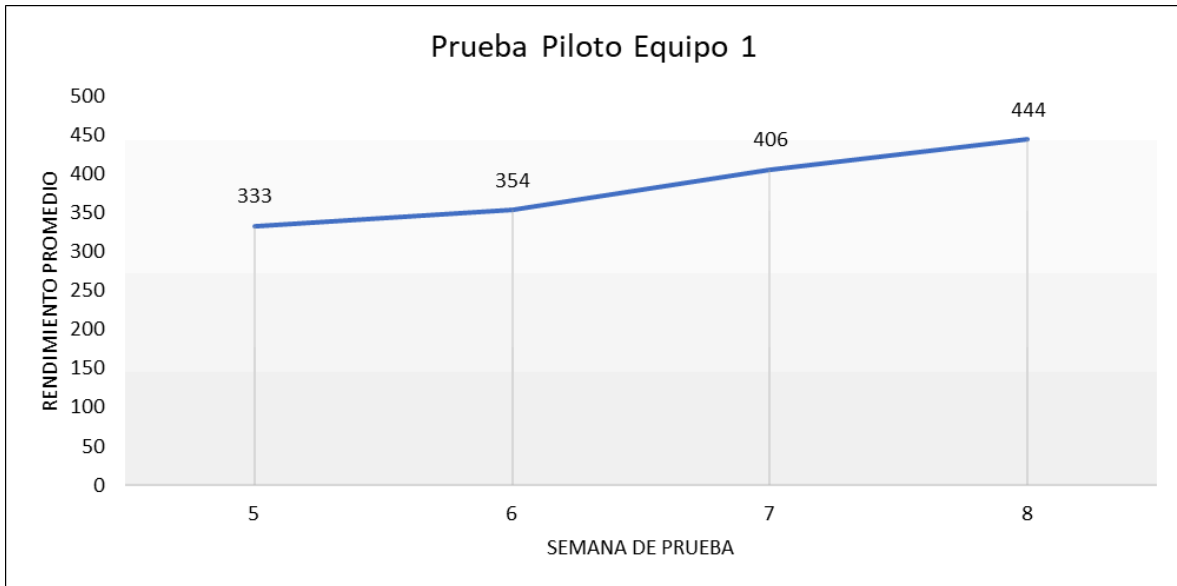
El análisis del plan piloto demostró que, como es previsible en procesos de cambio, las mejoras en la eficiencia no se manifestaron de manera inmediata. Sin embargo, a medida que los operarios se adaptaron a la nueva distribución y dinámica operativa, se observó una tendencia progresiva al alza en los niveles de productividad. Este comportamiento permitió validar la hipótesis de que una redistribución adecuada del espacio y del flujo de trabajo contribuye de manera significativa a la reducción de los tiempos improductivos y a la mejora sostenida del rendimiento. Este tipo de redistribución responde a principios del diseño de planta y layout funcional, donde se busca maximizar la proximidad entre actividades relacionadas y minimizar el transporte interno.

Al finalizar el período de prueba, los equipos evaluados lograron acercarse de manera consistente al estándar de eficiencia establecido por la compañía, correspondiente a 360 tallos por hora. En las figuras 10, 11 y 12 se presentan las curvas de crecimiento

obtenidas, donde se evidencian los avances progresivos en el rendimiento de los operarios durante el periodo de muestreo.

Figura 10

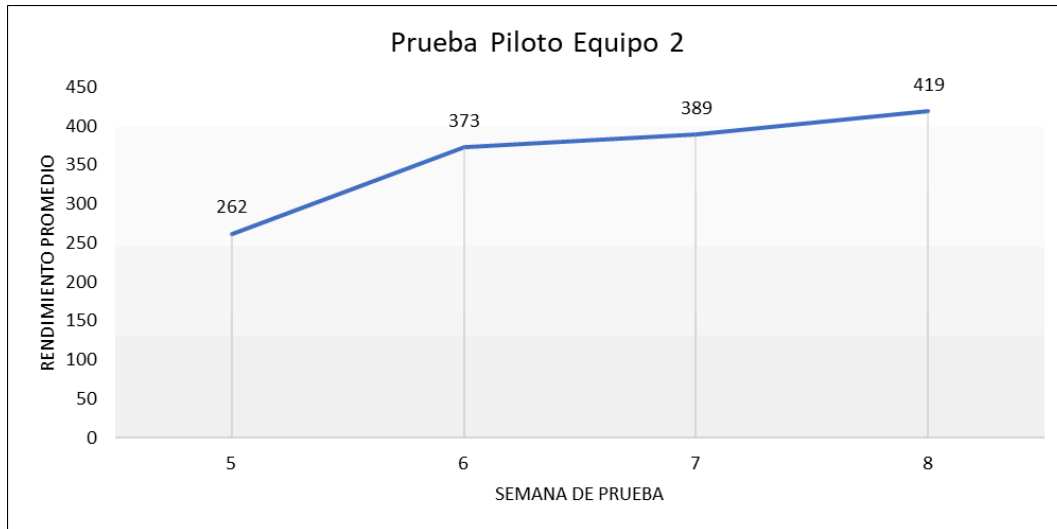
Prueba piloto del equipo de trabajo número 1.



Nota. Elaboración propia

Figura 11

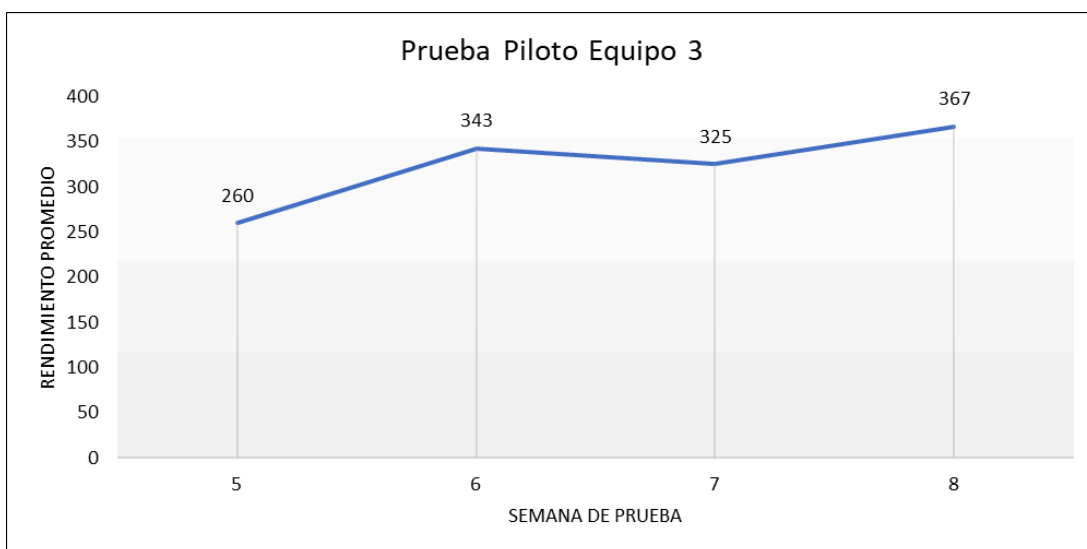
Prueba piloto del equipo de trabajo número 2.



Nota. Elaboración propia

Figura 12

Prueba piloto del equipo de trabajo número 3.



Nota. Elaboración propia

Al cierre del ejercicio piloto, se evidenció que la eficiencia operativa de los puestos de trabajo alcanzó un promedio sostenido de 356 tallos por hora durante las cuatro semanas de evaluación. Este resultado representa un cumplimiento del 98,8 % respecto a la meta establecida de 360 tallos por hora, validando así la efectividad de la redistribución planteada. Estos datos no solo confirman el impacto positivo del nuevo layout sobre el rendimiento del proceso, sino que además constituyen un respaldo cuantitativo sólido para la implementación definitiva de la propuesta en toda la planta, lo que permite proyectar resultados similares al extender la redistribución al resto de la planta, considerando ajustes menores en otras áreas operativas.

La tabla a continuación (ver tabla 7) presenta una comparación detallada de los indicadores clave antes y después de la implementación del nuevo layout, evidenciando mejoras significativas en diversos aspectos del proceso productivo. Se observa un aumento del 10,5 % en las horas productivas promedio, reflejando una mejor gestión del tiempo operativo. Asimismo, el costo de mano de obra por unidad se redujo en un 10,5 %, lo que implica un ahorro importante en recursos. El rendimiento por hora mostró un incremento del 23 %, confirmando el aumento en la eficiencia operativa ya mencionado. Finalmente, la reducción en el número de equipos necesarios en un 14,3 % denota una optimización en la utilización de recursos materiales. Estos resultados consolidan cuantitativamente los beneficios del cambio propuesto, reforzando la viabilidad de su adopción a nivel global en la planta.

Tabla 7*Comparación de indicadores*

Indicador	Antes	Después	Variación
Horas productivas promedio	6,83 h	7,55 h	+10,5 %
Costo MO por unidad	\$180,97	\$162	-10,5 %
Rendimiento (tallos/hora)	289	356	+23 %

Nota. Elaboración propia

Implementación a todos los puestos de trabajo

Luego de los resultados obtenidos durante la prueba piloto, en la que se aplicó la redistribución propuesta en tres puestos de trabajo, se decidió extender la implementación al total de los 12 puestos de la línea de clasificación y boncheo. Esta fase buscó optimizar de forma integral el flujo operativo, reducir desplazamientos innecesarios y mejorar la eficiencia general del proceso.

La ejecución de esta redistribución consideró las condiciones reales de operación y se apoyó en la retroalimentación brindada por el personal. A continuación, se describe la adecuación implementada, los cambios realizados y los resultados observados tras la intervención.

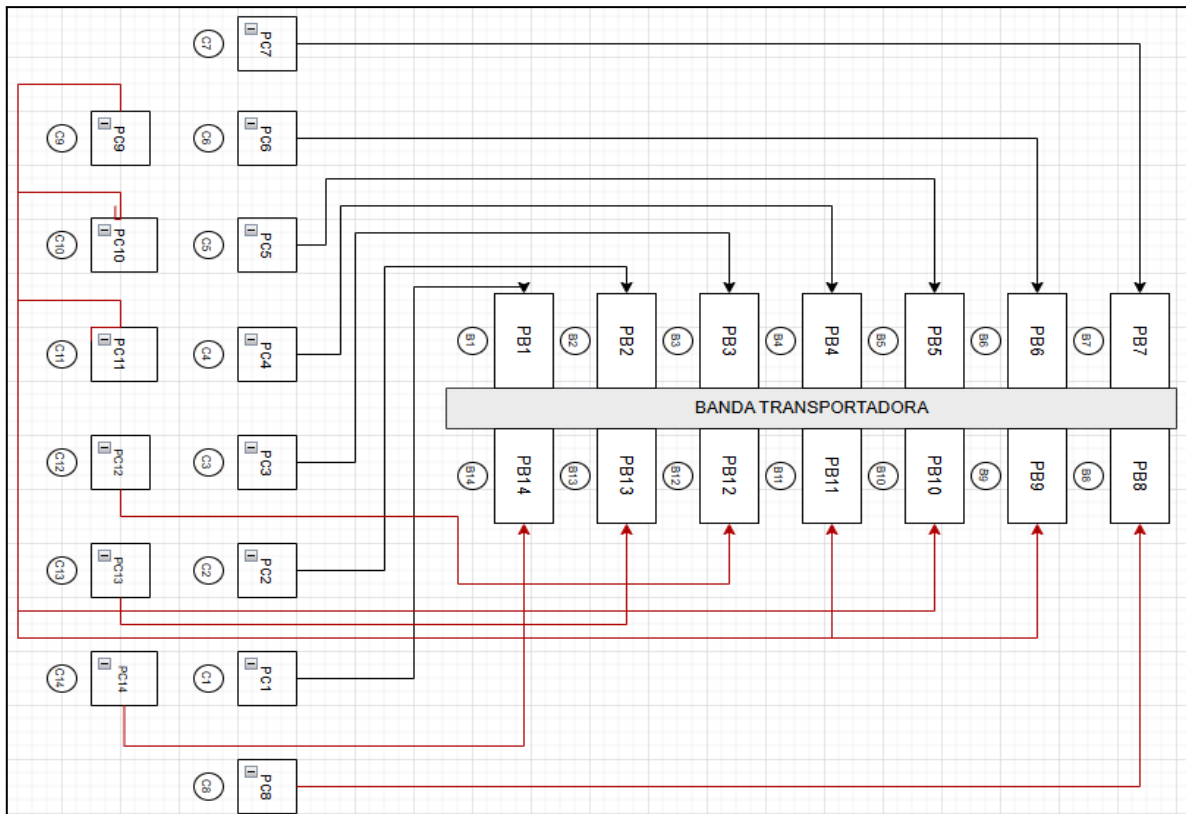
Descripción comparativa y técnica de la nueva distribución

Con base en los resultados positivos de la prueba piloto, se redistribuyen los 12 puestos de clasificación (PC1–PC12) y boncheo (PB1–PB12). El objetivo fue minimizar desplazamientos innecesarios por parte de los bonchadores y facilitar un flujo de trabajo continuo.

En la distribución anterior (Figura 13), los clasificadores se encontraban alejados de la banda transportadora, lo cual obligaba a los bonchadores a recorrer distancias considerables para recoger el producto procesado, generando interrupciones y tiempos improductivos. Estos recorridos frecuentes no solo aumentaban el esfuerzo físico, sino que también provocaban acumulaciones de producto, esperas innecesarias y pérdida de ritmo en la operación.

Figura 13

Representación gráfica de desplazamientos

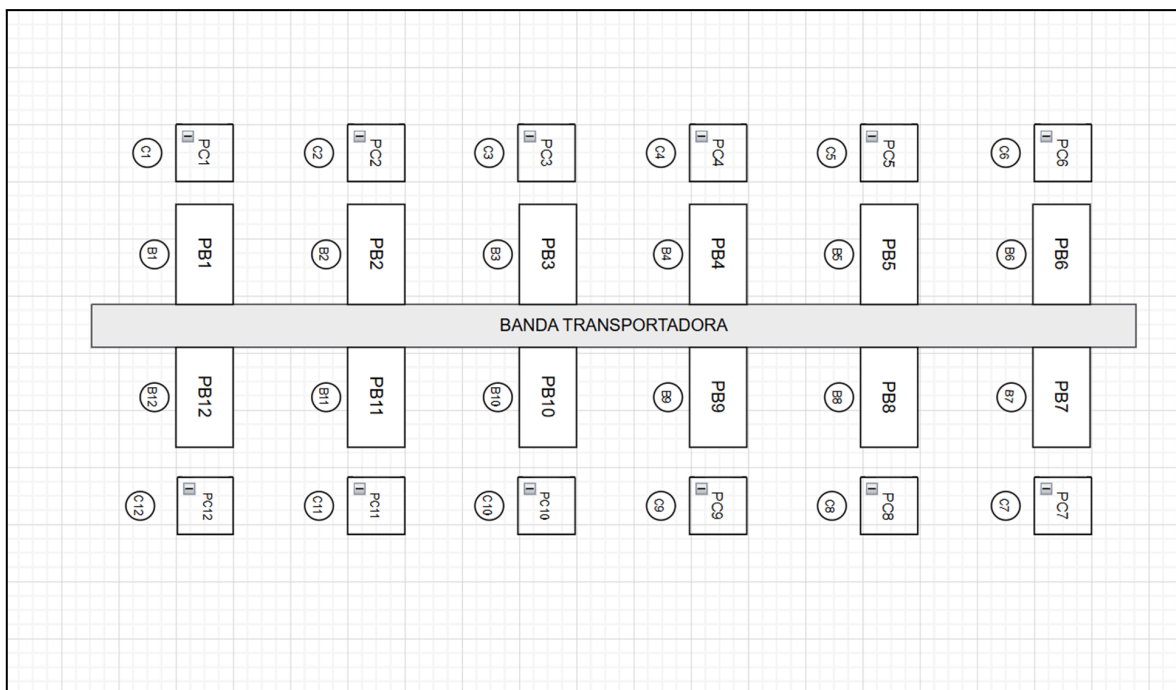


Nota: Elaboración propia

En la nueva distribución (Figura 14), cada clasificador está ubicado justo frente a su bonchador, alineados a ambos lados de la banda transportadora. Esta configuración mejora significativamente la eficiencia al reducir los desplazamientos y facilitar la entrega directa del producto. Al eliminar prácticamente el movimiento entre estaciones, los operarios pueden enfocarse exclusivamente en su tarea principal, lo que incrementa la continuidad del flujo de trabajo.

Figura 14

Layout implementado



Nota: Elaboración propia

Figura 15

Layout antes (izquierda) y después (derecha)



Nota: Elaboración propia

Además, se optimiza la comunicación entre operarios, se ordena mejor el espacio y se mejora la supervisión del proceso. Esta cercanía física también reduce la probabilidad de errores, ya que permite una retroalimentación inmediata en caso de inconsistencias en el producto clasificado.

La reorganización consideró también aspectos ergonómicos y logísticos, logrando un entorno más ordenado y funcional, menos propenso a interferencias y con mayor potencial de productividad. Asimismo, al disminuir la necesidad de desplazamientos, se reduce el desgaste físico de los trabajadores, lo cual puede contribuir a una menor tasa de fatiga y mayor bienestar laboral.

Además de optimizar la ubicación de los operarios, la redistribución permitió reducir el número total de puestos de trabajo de 14 a 12, sin comprometer la productividad del proceso. Esta reducción fue posible gracias a la eficiencia lograda en la nueva

configuración, donde la cercanía entre clasificadores y bonchadores agiliza la entrega del producto y elimina los tiempos muertos generados por desplazamientos innecesarios. Como resultado, se logró mantener e incluso mejorar el rendimiento con un menor número de estaciones operativas, lo que representa no solo un avance en términos de eficiencia, sino también una oportunidad de ahorro en recursos físicos y humanos.

Resultados de la implementación

Rendimiento en tallos por equipo de trabajo

Para evaluar el impacto de la nueva distribución, se realizó un seguimiento semanal al rendimiento medido en tallos procesados por equipo. La meta establecida era de 360 tallos.

De acuerdo con la Tabla 8, entre las semanas 9 y 16 se obtuvo un rendimiento promedio de 370 tallos por equipo, lo que significa que supera la meta en un 2.8%. A excepción de la semana 10, en todas las semanas se alcanzó o superó la meta, destacándose la semana 16 con 379 tallos.

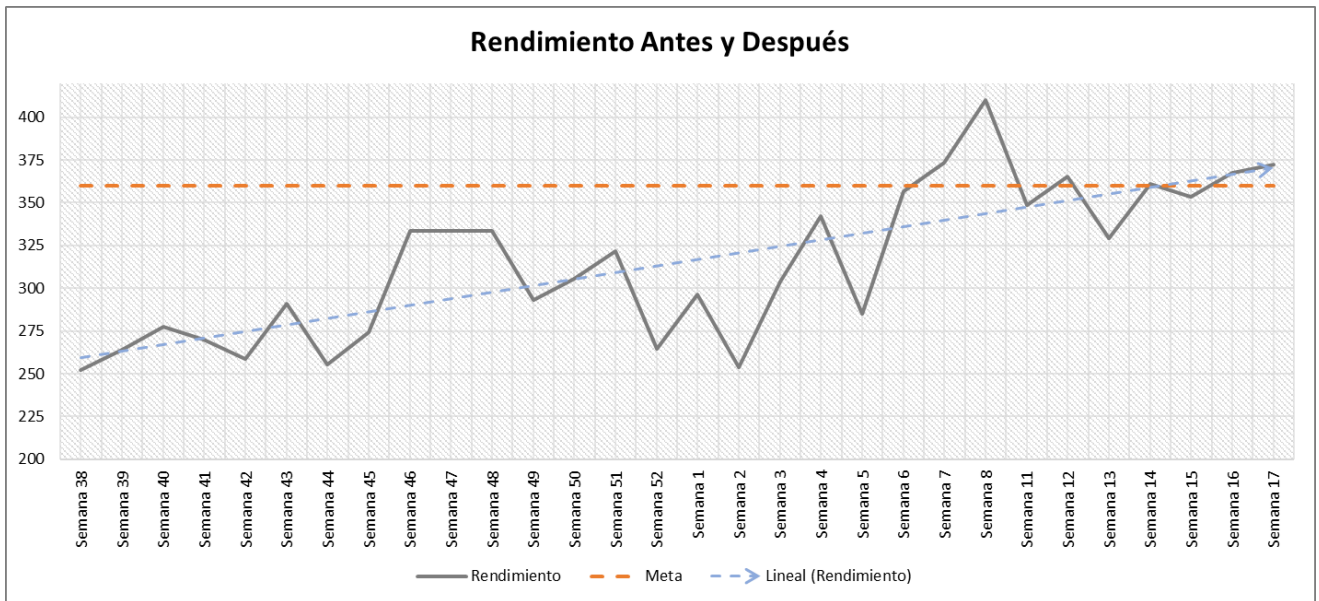
Tabla 8*Rendimiento por semana (Semana 9 a Semana 16)*

Semana	Rendimiento
Semana 38	252
Semana 39	264
Semana 40	277
Semana 41	270
Semana 42	258
Semana 43	291
Semana 44	256
Semana 45	274
Semana 46	334
Semana 47	334
Semana 48	333
Semana 49	293
Semana 50	306
Semana 51	322
Semana 52	265
Semana 1	296
Semana 2	254
Semana 3	304
Semana 4	342
Semana 5	285
Semana 6	357
Semana 7	373
Semana 8	410
Semana 11	348
Semana 12	365
Semana 13	329
Semana 14	361
Semana 15	353
Semana 16	368
Semana 17	372

Nota. Elaboración propia

Figura 16

Comparativo del rendimiento semanal post-implementación



Nota. Elaboración propia

Estos datos reflejan una mejora sostenida se atribuye directamente a la nueva organización del área, la cual favoreció la coordinación y redujo tiempos muertos. El nuevo layout permitió mantener una línea de trabajo más fluida, en la que cada tarea ocurre de forma casi continua, sin interrupciones causadas por desplazamientos u obstáculos en el flujo del producto.

Horas productivas ejecutadas

Se analizó también si el aumento en el rendimiento implicó una mayor carga horaria para los operarios. La meta diaria era de 7,6 horas.

La Tabla 9 presenta los datos de las semanas 9 a 16, con un promedio de 7,56 horas, manteniéndose siempre dentro del rango establecido. Las cifras oscilaron entre 7,4 y 7,7 horas (Figura 14).

Tabla 9

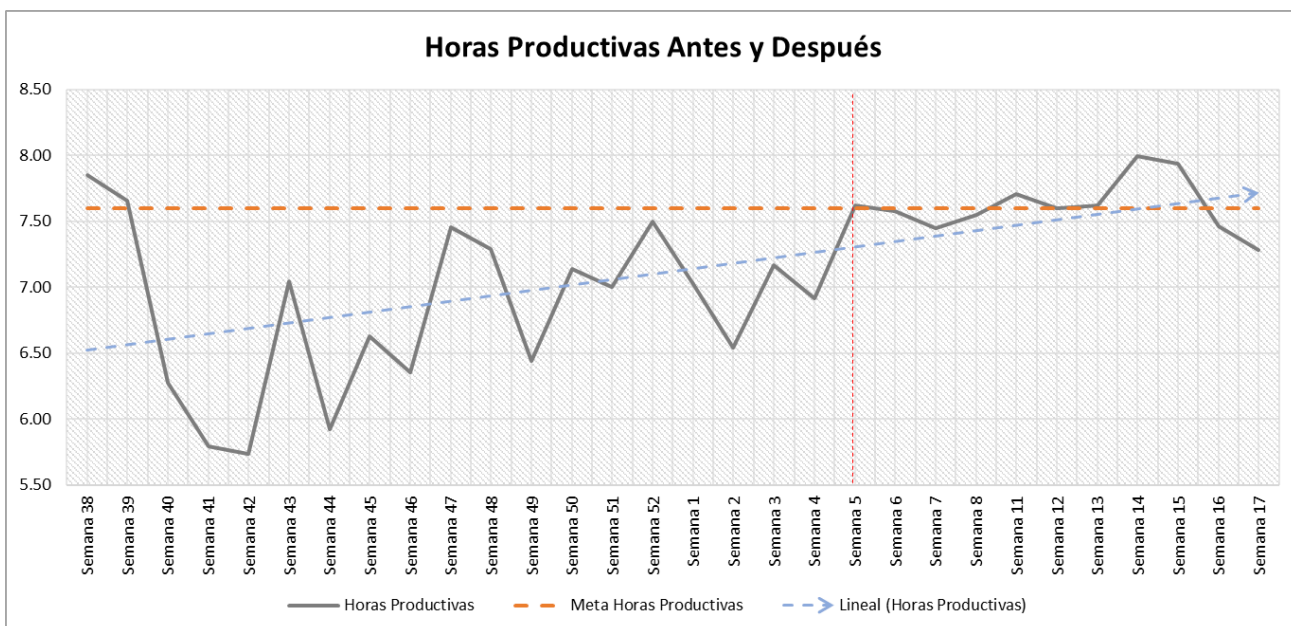
Horas productivas por semana

Semana	Horas Productivas
Semana 38	7,85
Semana 39	7,66
Semana 40	6,28
Semana 41	5,79
Semana 42	5,74
Semana 43	7,05
Semana 44	5,92
Semana 45	6,63
Semana 46	6,35
Semana 47	7,45
Semana 48	7,29
Semana 49	6,44
Semana 50	7,14
Semana 51	7
Semana 52	7,5
Semana 1	7,02
Semana 2	6,54
Semana 3	7,16
Semana 4	6,91
Semana 5	7,62
Semana 6	7,58
Semana 7	7,45
Semana 8	7,55
Semana 11	7,71
Semana 12	7,6
Semana 13	7,62
Semana 14	7,99
Semana 15	7,94
Semana 16	7,46
Semana 17	7,28

Nota. Elaboración propia

Figura 17

Horas productivas promedio después de la redistribución



Nota. Elaboración propia

Esto confirma que la mejora no requirió una extensión de la jornada laboral, sino una mejor organización del tiempo y reducción de ineficiencias. El nuevo diseño permitió que el trabajo se desarrollara de forma más concentrada y productiva dentro del horario habitual, eliminando tiempos ociosos derivados de traslados.

Este resultado también refleja que los operarios pudieron mantener su nivel de desempeño sin necesidad de esfuerzo adicional o sobrecarga física. La cercanía entre puestos y la facilidad en la entrega del producto permitieron una jornada más balanceada, con menor estrés operativo.

Costos ejecutados

Finalmente, se analizó el comportamiento de los costos operativos por equipo, con una meta de \$170 COP. La Tabla 7 muestra una tendencia descendente, con un promedio de \$164,32 COP, es decir, una reducción del 3.3% frente a la meta.

Tabla 10

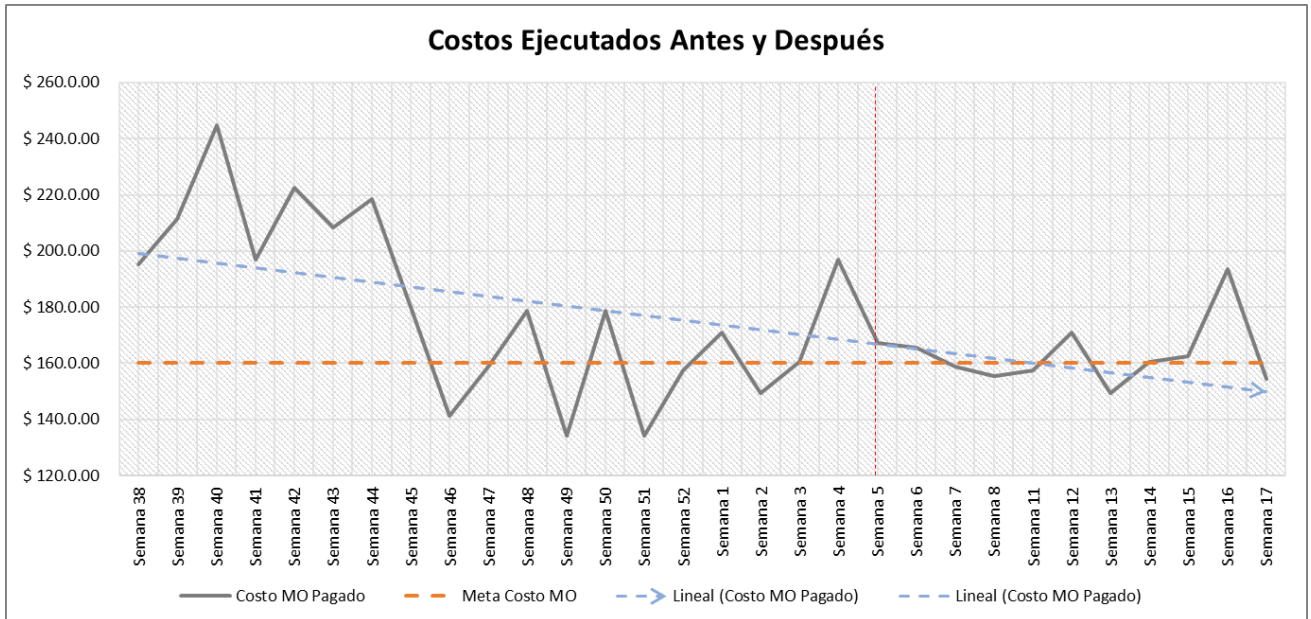
Costos ejecutados por semana

Semana	Costo MO x Unidad
Semana 38	195,12
Semana 39	211,28
Semana 40	244,91
Semana 41	197,03
Semana 42	222,48
Semana 43	208,23
Semana 44	218,35
Semana 45	180,21
Semana 46	141,31
Semana 47	158,8
Semana 48	178,84
Semana 49	134,08
Semana 50	178,84
Semana 51	134,08
Semana 52	157,34
Semana 1	170,8
Semana 2	149,21
Semana 3	160,51
Semana 4	197,03
Semana 5	167,3
Semana 6	165,53
Semana 7	158,8
Semana 8	155,5
Semana 11	157,34
Semana 12	170,8
Semana 13	149,21
Semana 14	160,51
Semana 15	162,58
Semana 16	193,43
Semana 17	154,34

Nota. Elaboración propia

Figura 18

Comportamiento de costos unitarios tras la optimización



Nota. Elaboración propia

Solo en la semana 12 se igualó la meta; en las demás se estuvo por debajo. Las semanas 14 y 15 fueron las más eficientes, con \$161 COP y \$159 COP pesos respectivamente.

Este resultado puede explicarse por:

- Menor tiempo improductivo debido a menos desplazamientos.
- Mayor eficiencia en la entrega del producto.
- Reducción de errores por mejor comunicación entre operarios.

Adicionalmente, la eliminación de recorridos prolongados ayudó a reducir la necesidad de pausas, disminuyó el uso innecesario de recursos complementarios y

contribuyó a estabilizar los ritmos de trabajo. Todo esto tiene un impacto directo sobre el costo unitario de la operación.

En conjunto, los resultados validan el impacto positivo de la redistribución: mejora en rendimiento, eficiencia horaria y disminución de costos sin afectar la jornada laboral ni la carga del personal. La intervención no solo logró los objetivos planteados, sino que sentó las bases para una operación más sostenible, ordenada y adaptable a futuras mejoras.

Análisis financiero del impacto operativo

La redistribución de los puestos de trabajo implementada en la línea de poscosecha de Indigo Farms generó impactos financieros medibles, principalmente a través de la reducción de costos operativos y la mejora de la eficiencia laboral. Uno de los principales logros fue la disminución de los desplazamientos innecesarios dentro del área de trabajo, lo que permitió recuperar más de una hora diaria de productividad por equipo. Esta mejora, reflejada en un aumento de las horas efectivas promedio por jornada de 6,83 a 7,56 horas, representó un incremento del 10,7 % en el aprovechamiento del tiempo laboral, sin necesidad de ampliar la jornada ni aumentar los recursos físicos.

Desde el punto de vista financiero, esta mejora se tradujo directamente en una reducción del costo de mano de obra por unidad producida, el cual pasó de un promedio de \$180,97 COP por tallo a \$164,32 COP, representando un ahorro del 9,2 %. Este ahorro se mantiene estable a lo largo de las semanas posteriores a la implementación, evidenciando un efecto sostenido del rediseño del layout. Como plantea Slack et al. (2020), las mejoras operativas que reducen tiempos muertos tienen un impacto inmediato sobre la estructura de costos y el margen operativo, reforzando la eficiencia de todo el sistema productivo.

Asimismo, se redujo de 14 a 12 el número de equipos operativos diarios, lo que permitió disminuir cuatro operarios en planta y generar un ahorro cercano a \$8.000.000 COP mensuales en nómina directa, sin afectar la capacidad de despacho ni la calidad del producto. Este resultado es consistente con la evidencia actual sobre mejora continua y rediseño operativo: ajustes focalizados en la asignación de personal y el balanceo de líneas pueden incrementar la eficiencia y reducir costos cuando se basan en datos de desempeño y en una visión sistémica del proceso (Slack, Brandon-Jones & Burgess, 2022). Diversos estudios muestran que el balanceo y la reasignación de tareas elevan la productividad y la utilización de capacidad sin comprometer la calidad (Abid et al., 2023; Salehi-Amiri et al., 2024), mientras que las metodologías de mejora continua, como los eventos Kaizen, pueden mantener impactos económicos significativos con inversiones moderadas cuando se gestionan de manera estructurada (Brännmark et al., 2023; Schaefer, Wijkema & Sellschop, 2024).

Adicionalmente, la eliminación de tiempos muertos y la mejora en la sincronización de las tareas permitió eliminar la necesidad de horas extras, lo que anteriormente representaba un sobre costo acumulado de \$21.500.000 COP en ocho meses. Sumando este ahorro a la eliminación de desplazamientos improductivos —estimada en \$38.800.000 COP en el mismo período—, se obtiene una reducción total de \$60.300.000 COP atribuible exclusivamente a la optimización de los flujos de trabajo. Esta relación directa entre rediseño del espacio y ahorro económico ha sido ampliamente documentada por Tompkins et al. (2010), quienes resaltan que la planificación eficiente del layout permite disminuir costos logísticos y maximizar la utilización de los recursos.

En términos de rentabilidad, esta intervención permitió reducir los costos totales sin sacrificar el volumen de producción. De hecho, el rendimiento por equipo aumentó de 289 a 370 tallos por hora, lo que representa una mejora del 28 %. Este incremento en la eficiencia, junto con los ahorros en mano de obra y horas improductivas, fortalece el margen operativo por unidad y la capacidad de la empresa para competir en mercados exigentes sin necesidad de incrementar precios ni recursos adicionales. Diversos autores destacan que la optimización de procesos internos es clave para generar resultados financieros sostenibles, ya que alinea las operaciones con los objetivos estratégicos y fomenta una cultura de mejora continua (Kaplan & Norton, 2020; Slack, Brandon-Jones & Burgess, 2022). Así, la optimización del layout no solo resolvió una problemática estructural, sino que también aportó beneficios económicos tangibles, medibles y sostenibles al desempeño financiero de la planta.

Tabla 11*Tabla resumen financiero*

Concepto	Valor Ahorro (COP)	Periodo	Impacto (%) / Comentario
Reducción del costo unitario (mano de obra)	\$16,65 por tallo	Permanente	De \$180,97 a \$164,32 → Ahorro del 9,2% por unidad
Ahorro por eliminación de tiempos improductivos	\$38.800.000	8 meses	Derivado de 1,2 h/día x 14 equipos x \$9.636/h
Ahorro por eliminación de horas extras	\$21.500.000	8 meses	Eliminación de recargos por extensiones de jornada (25%)
Ahorro mensual por reducción de personal	\$8.000.000	Mensual	Reducción de 4 operarios diarios (de 14 a 12 equipos)
Mejora en productividad (tallos/hora)	+81 tallos/hora	Permanente	De 289 a 370 tallos/hora → 28% de incremento en rendimiento
Ahorro total estimado	\$60.300.000	8 meses	No incluye beneficio indirecto por mejor calidad ni satisfacción del cliente

Nota. Elaboración propia

Limitaciones del estudio

Aunque los resultados obtenidos permiten evidenciar mejoras significativas en términos de productividad, eficiencia operativa y optimización de recursos, es importante reconocer ciertas limitaciones metodológicas que pueden influir en la generalización de los hallazgos.

Si bien se realizaron observaciones de campo y estudios de tiempos y movimientos, no se incorporaron herramientas especializadas para el análisis ergonómico, como matrices RULA, REBA o software de simulación postural. Por tanto, los efectos del rediseño sobre la salud ocupacional y la fatiga física de los operarios fueron estimados de forma cualitativa, lo que representa un área pendiente para estudios futuros.

Finalmente, el estudio se enfocó en variables operativas y económicas, dejando fuera otros factores que también influyen en el rendimiento, como el clima organizacional, la capacitación del personal o la interacción con otros procesos productivos.

Estas limitaciones no invalidan los resultados obtenidos, pero deben ser consideradas al momento de interpretar los alcances del proyecto y al pensar en su replicabilidad y escalabilidad.

Conclusiones

La redistribución del layout permitió aumentar el rendimiento de 289 a 370 tallos por hora por equipo ($\uparrow 28\%$), logrando superar la meta de 360 tallos sin aumentar la jornada laboral.

Se eliminaron sobrecostos por \$60,3 millones COP en ocho meses (38,8 millones por desplazamientos + 21,5 millones por horas extras), optimizando la relación costo/unidad de \$180,97 a \$164,32 COP ($\downarrow 9,2\%$).

Se redujeron los equipos de 14 a 12, ahorrando aproximadamente \$8 millones COP mensuales en nómina directa, manteniendo los niveles de producción.

La metodología aplicada (diagnóstico, rediseño, piloto, implementación) demostró ser efectiva, económica y adaptable, sirviendo como modelo para otras líneas productivas.

Se disminuyó el esfuerzo físico y el tiempo de desplazamiento de los operarios ($\downarrow 1,2$ horas por día), generando un entorno más seguro, ordenado y ergonómico.

Este proyecto posiciona a Indigo Farms como referente en optimización de procesos dentro del sector floricultor colombiano, fortaleciendo su competitividad en mercados internacionales.

Recomendaciones

Realizar una evaluación ergonómica detallada del nuevo diseño

Aunque el rediseño reduce desplazamientos y mejora la lógica del flujo de trabajo, se recomienda aplicar herramientas específicas como RULA o REBA para evaluar los riesgos musculoesqueléticos y hacer ajustes que potencien el bienestar del personal.

Incluir capacitaciones periódicas en técnicas de trabajo estandarizado

Para mantener los niveles de productividad alcanzados, es fundamental reforzar el entrenamiento del personal operativo en procedimientos estandarizados, manejo eficiente del tiempo y comunicación efectiva entre clasificadores y bonchadores.

Fortalecer el monitoreo con indicadores de desempeño clave (KPI)

Es recomendable definir y hacer seguimiento periódico a indicadores como tiempo de ciclo, número de tallos por hora por operario, porcentaje de desperdicio y niveles de retrabajo, para medir el impacto sostenido del nuevo sistema y facilitar su mejora continua.

Explorar el uso de tecnologías de bajo costo para apoyar el proceso

Si bien el rediseño fue implementado sin inversión adicional, se puede considerar el uso de soluciones tecnológicas accesibles, como sensores de conteo o software básico de seguimiento de producción, que ayuden a obtener datos más precisos para la toma de decisiones.

Documentar la experiencia como modelo de mejora replicable

Se recomienda consolidar los aprendizajes del proceso en un manual o guía técnica,

que sirva como referencia para futuras mejoras internas o para compartir conocimientos con otras empresas del sector floricultor interesadas en optimizar sus procesos.

Referencias Bibliográficas

Abid, A., Fayyaz, U., Nafees, M., Baig, M. A. R., & Hafeez, A. (2023). *Productivity improvement through assembly line balancing by using simulation modeling*. *Heliyon*, 9(12), e23367. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23367>

Adaption IT. (2023). *Software for fresh produce and floriculture logistics*. Adaption Netherlands.

Aguja, L., Sukania, I. W., & Andrian. (2024). *Design of an improved layout for a steel processing facility using SLP and lean manufacturing techniques*. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 18(8), 3827–3848. <https://doi.org/10.1007/s12008-024-01828-9>

Agronegocios. (2024, octubre). *La floricultura colombiana llega a más de 100 países y genera 200.000 empleos*. <https://www.agronegocios.co>

Asocolflores. (2024). *Informe sectorial de exportaciones: Resultados 2024*. <https://www.asocolflores.org>

Asocolflores y el éxito de la floricultura colombiana en los mercados internacionales. (2022). *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*. <https://www.agronet.gov.co>

Avendaño, D., Alejandra, O., & Cabezas, F. (2023). *Competitividad de las empresas exportadoras de flores cortadas desde Colombia en el mercado de Estados Unidos de América, 2000–2019*. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(2), e2920. https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2920

- Bakhrarov, M. (2024, julio 3). *Flower industry logistics*. Cargo Flowers.
<https://www.cargoflowers.com>
- Bastida Cañada, A. (2023). *Floricultura y su impacto en la economía global*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
<https://www.fao.org>
- Bastida Cañada, A. (2023, diciembre 14). *¿Qué es la floricultura?* Blog Agricultura. <https://www.blogagricultura.com>
- Brännmark, M., Vinberg, S., Larsson, P., & Yngström, J. (2023). *Sustainability of performance improvements after Kaizen events*. *BMC Health Services Research*, 23(1), 157. <https://doi.org/10.1186/s12913-023-09191-2>
- Camargo, J. (2019). *Gestión de abastecimiento en la cadena de suministro*. Editorial XYZ.
- Camargo, P. (2019). *Gestión del abastecimiento en cadenas agroindustriales*. Universidad de La Sabana.
- Camargo Vega, S. A. (2019). *La cadena de suministro: Base fundamental del desarrollo y posicionamiento de las empresas exportadoras de flores en Colombia* [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada].
- Clavijo, S. (2006). *Tendencias del mercado mundial de flores*. Asociación Nacional de Instituciones Financieras (ANIF).

De la Riva Morales, E. (2011). *Estrategias para prolongar la vida en flor de productos ornamentales*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(2), 101–107.

<https://doi.org/10.35196/rfm.2011.2.101>

De la Riva Morales, F. (2011). *Poscosecha de flores de corte y medio ambiente*. *Idesia*, 29(3), 125–130. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292011000300016>

El Economista. (2025, febrero). *Floricultores colombianos logran entre 15 y 18 % de ventas anuales en San Valentín*. *El Economista*. <https://www.economista.com.mx>

El País. (2025, mayo). *Las flores colombianas coronan el Día de la Madre a pesar de la guerra arancelaria*. *El País*. <https://www.elpais.com>

Fernández Arévalo, W., & Rhenals Cassiani, N. (2011). *Diseño de planta para una empresa de producción industrial*. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 7(1), 67–76.

Fernández Arévalo, W., & Rhenals Cassiani, N. (2011). *Diseño de una distribución de planta en la Empresa Estibas y Carpintería Elguedo Ltda*. Universidad de Cartagena.

Floraldaily. (2024a). *Colombia strengthens position in the global flower market*. *Floraldaily News*.

Floraldaily. (2024b). *The cold chain in floriculture: Why temperature control is non-negotiable*. *Floraldaily News*.

Floraldaily. (2025). *Temperature control in global flower logistics: Extending vase life through cold chain efficiency*. *Floraldaily News*.

Floriculture Kenya. (2024). *Cold chain management in cut flowers*. *Floriculture Magazine Kenya*.

Forbes. (2025, abril). *Las flores más exportadas de Colombia y el panorama arancelario*. *Forbes Colombia*. <https://forbes.co>

Frederick, D. (2024, abril 16). *Exportación*. *Enciclopedia Iberoamericana*.

Genedge. (2025, abril 11). *Key principles of an optimized manufacturing plant layout*. Genedge.

González, D. P., Turizo, R., Saumet, E. Z., Acevedo Corzo, E., & Oviedo, F. (2019). *Sistema logístico: Industria de flores en Colombia*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

González, H., Castro, L., & Páez, J. (2019). *Análisis del flujo de materiales en procesos agrícolas de exportación*. *Revista Ingeniería y Competitividad*, 21(2), 45–54. <https://doi.org/10.25100/iyc.v21i2.8708>

González, J., Martínez, P., & Ortega, S. (2019). *Gestión logística de productos perecederos*. Universidad de La Sabana.

González, P., Ramírez, L., & Torres, J. (2019). *Logística y distribución en cadenas de suministro agrícolas*. *Revista Logística*.

Gutiérrez, F. (2020). *Logística y cadena de suministro*. Ecoe Ediciones.

Gutiérrez, I. (2020, octubre 31). *¿Qué es la cadena de suministro y cuáles son sus características?* Muy Financiero. <https://muyfinanciero.com>

Hortfresh Journal. (2024). *Innovation revolutionizing Kenya's flower supply chains*. Hortfresh Journal.

ICA. (2024, febrero). *Colombia exporta más de 65.000 toneladas de flores en San Valentín*. ICA. <https://www.ica.gov.co>

Infobae. (2025, marzo). *Asocolflores advierte impacto de posibles aranceles en exportación de flores*. Infobae. <https://www.infobae.com>

Kaizen Institute Consulting Group. (2025, abril 24). *Optimizar el flujo de producción: Dominar el diseño de línea y layout*. Kaizen Institute.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2020). *The balanced scorecard: Translating strategy into action* (25th anniversary ed.). Harvard Business Review Press.

La Prensa Oriente. (2025, febrero). *Así le fue a Colombia con la exportación de flores en 2024*. La Prensa Oriente. <https://www.laprensaoriente.info>

Logística Simple. (2024, enero 6). *¿Qué es el almacenamiento? Definición, concepto y tipos*. Logística Simple. <https://logisticasimple.com>

Metroflor Colombia. (2025). *GrowSphere™ ONE: unidad de monitoreo y gestión en floricultura poscosecha*. Metroflor Colombia.

Meyers, F. E., & Stewart, J. R. (2002). *Motion and time study for lean manufacturing* (3rd ed.). Prentice Hall.

Nachaisit, P., Kroeksungnoen, K., Nutkhum, W., Niithikarnjanatharn, J., Camchay, A., Kuntun, P., & Phontang, B. (2025). *Development of factory layout to optimize*

transportation routes using systematic layout planning. Thai Industrial Engineering Network Journal, 11(1), 24–33.

Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2003). *Methods, standards, and work design* (11th ed.). McGraw-Hill.

ONAC. (2023). *Estudio de mercado de los servicios de acreditación para el sello Florverde. Organismo Nacional de Acreditación de Colombia.*

Organizadores Gráficos. (2022, octubre 23). *Calidad del producto: Definición, beneficios, dimensiones, niveles.* Organizadores Gráficos.
<https://organizadoresgraficos.com>

Oviedo, L., & Rodríguez, N. (2009). *Caracterización de la cadena de abastecimiento de rosas en Colombia* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana].

Oviedo, M., & Rodríguez, C. (2009). *Prácticas de poscosecha en floricultura colombiana. Revista Agroindustrial.*

Portafolio. (2024, diciembre). *Avances de la floricultura colombiana en sostenibilidad.* Portafolio. <https://www.portafolio.co>

ProColombia. (2024). *Colombian flowers take center stage on Valentine's Day in the United States.* Oficina de Prensa de ProColombia.

Rodríguez, C., & Sánchez, M. (2017). *Optimización de procesos logísticos en el sector floricultor. Revista Ingeniería Industrial, 18(1), 55–66.*

Royal FloraHolland. (2024). *Customized logistics for sustainable floriculture*. Royal FloraHolland.

Royal FloraHolland. (2025). *Continuous innovation and collaboration make floriculture logistics more sustainable*. Royal FloraHolland.

Salehi-Amiri, A., Aliabadi, R., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Hafezalkotob, A. (2024). *Scenario-based optimization and simulation framework for human-centered assembly line balancing*. *International Journal of Production Economics*, 269, 109947. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.109947>

Schaefer, E., Wijpkema, J., & Sellschop, R. (2024, octubre). *Breaking operational barriers to peak productivity*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com>

Slack, N., Brandon-Jones, A., & Burgess, N. (2022). *Operations management* (10th ed.). Pearson.

Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2020). *Operations management* (9th ed.). Pearson.

Stuckey, D. (2024). *Warehouse design trends and optimization*. *Logistics Journal*.

Stuckey, M. (2024, septiembre 2). *10 técnicas de optimización del espacio de almacén que puedes implementar hoy mismo*. Pallite Group.

SuperFloral. (2024). *Colombia's powerhouse floriculture industry*. *SuperFloral Magazine*.

Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities planning* (4th ed.). Wiley.

Traub, A., & Vicuña, B. (2012). *Flores de corte: Nuevas oportunidades*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias de Chile.

Traub, R., & Vicuña, M. (2012). *Elasticidad de la demanda en productos de lujo*. *Revista Economía Global*.

Westreicher, G. (2024, mayo 9). *¿Qué es el inventario? Tipos, ejemplos y consejos para gestionarlo*. Economipedia. <https://economipedia.com>