

# **Desarrollo de una base de datos de rendimientos de mano de obra para procesos de acabados en el departamento Scala de la empresa Edica**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN**  
**CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**Desarrollo de una base de datos de rendimientos de mano de obra para procesos de acabados en el departamento Scala de la empresa Edica**

Llevado a cabo por la estudiante:

Artavia López Valeria

Carné: 2020033399

Trabajo Final de Graduación presentado públicamente ante el Tribunal Evaluador el lunes 22 de setiembre de 2025 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En fe de lo anterior firman los siguientes integrantes del Tribunal evaluador:

**BRAULIO ENRIQUE UMAÑA QUIROS (FIRMA)**  
Firmado digitalmente por BRAULIO ENRIQUE UMAÑA QUIROS (FIRMA)  
Fecha: 2025.10.02 08:53:34 -06'00'

Ing. Braulio Umaña Quirós , MSc.  
Representante Director de Escuela

**EZEQUIEL ALEJANDRO MEDINA ANGULO (FIRMA)**  
Firmado digitalmente por EZEQUIEL ALEJANDRO MEDINA ANGULO (FIRMA)  
Fecha: 2025.09.29 11:38:46 -06'00'

Ing. Alejandro Medina Angulo, MEng.  
Profesor Guía

**Camilo Vargas**  
Firmado digitalmente por Camilo Vargas  
DN: cn=Camilo Vargas gn=Camilo Vargas c=CR Costa Rica l=CR Costa Rica e=cvargascorrales@gmail.com  
Motivo: He revisado este documento  
Ubicación:  
Fecha: 2025-10-01 17:13:08.00

Ing. Camilo Vargas Corrales MAP  
Profesor Lector

**MILTON ANTONIO SANDOVAL QUIROS (FIRMA)**  
Firmado digitalmente por MILTON ANTONIO SANDOVAL QUIROS (FIRMA)  
Fecha: 2025.09.24 16:23:49 -06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MAE  
Profesor Observador

# Resumen

Este trabajo de graduación tiene como objetivo principal desarrollar una base de datos de rendimientos reales de mano de obra para actividades de acabados constructivos, específicamente en proyectos del Departamento Scala de la empresa Edica. La investigación se basa en un enfoque cuantitativo, mediante observaciones directas en obra, recolección de tiempos productivos, y cálculos de rendimiento. Se seleccionaron procesos representativos como empaste de cielos, pintura de paredes, instalación de luminarias, entre otros, y se midieron en condiciones reales de ejecución. El estudio destaca la variabilidad del rendimiento según factores como la temperatura, el nivel de experiencia de los trabajadores, el acceso al área de trabajo y la organización de las cuadrillas. La metodología incluye estudios de tiempo así como entrevista al personal (gerente general, presupuestista e ingeniera residente). Los resultados mostraron que la consideración de factores externos dará una mejora en las estimaciones de rendimiento y por ende en el costo final del proyecto.

**Palabras clave:** rendimientos, mano de obra, acabados, procesos constructivos

# Abstract

This graduation project aims to develop a database of actual labor productivity for finishing activities in construction, specifically within projects carried out by the Scala Department of the company Edica. The research follows a quantitative approach through direct on-site observations, collection of productive time data, and productivity calculations. Representative processes such as ceiling skim coating, wall painting, and luminaire installation, among others, were selected and measured under real execution conditions. The study highlights performance variability based on factors such as temperature, worker experience, accessibility of the work area, and crew organization. The methodology includes time studies as well as interviews with staff members (general manager, cost estimator, and resident engineer). The results showed that taking external factors into account improves the accuracy of productivity estimates and, consequently, the final cost of the project.

**Keywords:** performance, labor, finishes, construction processes.

# **Desarrollo de una base de datos de rendimientos de mano de obra para procesos de acabados en el departamento Scala de la empresa Edica**

VALERIA ARTAVIA LÓPEZ

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Agosto de 2025

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

Resumen ejecutivo .....	9
Introducción .....	12
PROBLEMA .....	12
JUSTIFICACIÓN.....	12
OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE.....	13
ANTECEDENTES .....	13
OBJETIVO GENERAL .....	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
LIMITACIONES .....	14
Capítulo 1: Marco Teórico .....	16
1.1. RENDIMIENTO .....	16
1.2. FACTORES.....	17
1.2.1. CAPACITACIÓN Y EXPERIENCIA PERSONAL .....	17
1.2.2. DISPONIBILIDAD Y LOGÍSTICA DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS.....	18
1.2.3. SECUENCIA E INTERFERENCIA ENTRE ACTIVIDADES .....	18
1.2.4. CONDICIONES FÍSICAS Y AMBIENTALES DEL SITIO .....	19
1.2.5. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO Y SUPERVISIÓN .....	19
1.2.6. FACTORES CONTRACTUALES Y ECONÓMICOS QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD EN OBRA .....	20
1.2.7. TECNOLOGÍA Y MÉTODOS CONSTRUCTIVOS .....	20
1.3. ACABADOS CONSTRUCTIVOS .....	21
1.4. TÉCNICAS DE MEDICIÓN DE RENDIMIENTOS .....	21
1.4.1. OBSERVACIÓN DIRECTA.....	21
1.4.2. ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.....	24
1.4.3. MUESTREO DEL TRABAJO (WORK SAMPLING) .....	24
1.4.4. BENCHMARKING Y ANÁLISIS HISTÓRICO .....	24
1.4.5. LEAN CONSTRUCTION .....	24
1.5. MAPEO DE PROCESOS.....	25
1.6. ANÁLISIS DE RIESGO.....	26
1.7. INDICADORES.....	27
1.8. FLUJO VALOR.....	28
1.9. ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS .....	28

1.10. ESTADÍSTICA.....	29
<b>Capítulo 2: Metodología .....</b>	<b>32</b>
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	32
2.2. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
2.3. SUJETOS DE INFORMACIÓN .....	34
2.4. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	34
2.4.1. FUENTES PRIMARIAS .....	35
2.4.2. FUENTES SECUNDARIAS .....	35
2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN .....	36
2.5.1. ENTREVISTA .....	36
2.6. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	37
2.6.1. HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN DE RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA .....	37
<b>Capítulo 3: Resultados y análisis .....</b>	<b>38</b>
3.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA .....	38
3.2. HERRAMIENTA DE LA MEDICIÓN DE RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA.....	39
3.2.1. PROCESOS CONSTRUCTIVOS .....	39
3.2.2. CUADRILLA DE TRABAJO .....	40
3.2.3. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	40
3.2.4. CONDICIONES LABORALES .....	41
3.2.5. CÁLCULO DE RENDIMIENTO MANO DE OBRA .....	41
3.2.6. VALIDACIÓN.....	42
3.2.7. ESTIMACIÓN FINAL .....	42
3.2.8. MEDICIÓN EN SITIO.....	43
3.2.9. ¿CÓMO USAR LA PLANTILLA? .....	45
3.3. USO DE LA HERRAMIENTA PARA MEDICIÓN DE RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN ACABADOS .....	50
3.3.1. COLOCACIÓN DE ENCHAPE .....	50
3.3.2. FRAGUADO DE ENCHAPE CERÁMICO ESMALTADO .....	54
3.3.3. PINTURA EN PAREDES LIVIANAS .....	56
3.3.4. SELLADO DE PAREDES LIVIANAS APLICADO CON RODILLO.....	58
3.3.5. COLOCACIÓN DE LUMINARIAS.....	60
3.3.6. EMPASTADO DE CIELOS LIVIANOS EN GYPSUM.....	64
3.4. COMPARACIÓN DE COSTOS DE ACTIVIDADES.....	76
3.4.1. COLOCACIÓN DE ENCHAPE .....	76
3.4.2. FRAGUADO DE ENCHAPE CERÁMICO ESMALTADO .....	77
3.4.3. PINTURA EN PAREDES LIVIANAS .....	77
3.4.4. SELLADO DE PAREDES LIVIANAS APLICADO CON RODILLO.....	78
3.4.5. COLOCACIÓN DE LUMINARIAS.....	79

3.4.6. EMPASTADO DE CIELOS LIVIANOS EN GYPSUM.....	79
Conclusiones y recomendaciones.....	82
CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES.....	84
Referencias.....	86
Anexos.....	90
ANEXO 1. FICHA TÉCNICA ENCHAPE COSTA NOVA TERRA.....	90
ANEXO 2. FICHA TÉCNICA FRAGUA SIN ARENA PERMACOLOR.....	92
ANEXO 3. FICHA TÉCNICA PINTURA LÁTEX ACRÍLICO ULTRA MATE.....	96
ANEXO 4. FICHA TÉCNICA SELLADOR PRE SEAL.....	99
Apéndices.....	101
APÉNDICE 1. GUÍA DE LA ENTREVISTA.....	101
APÉNDICE 2. ENTREVISTA ING. MARCELA AMÉN.....	102
APÉNDICE 3. ENTREVISTA ING. VICTORIA STERLING.....	103
APÉNDICE 4. ENTREVISTA ING. FERNANDO BETANCURT.....	105
APÉNDICE 5. FICHA DOCUMENTAL.....	107

# Resumen ejecutivo

Este trabajo de graduación se centra en el desarrollo de una base de datos de rendimientos reales de mano de obra para procesos constructivos de acabados en el contexto de los proyectos ejecutados por el Departamento Scala de la empresa Edica. La iniciativa surge de la necesidad de contar con datos más precisos y representativos de la realidad de obra, que permitan mejorar las estimaciones de tiempo y costos, especialmente en proyectos de ejecución acelerada donde la eficiencia es crítica. El objetivo general planteado fue desarrollar una base de datos de rendimientos de mano de obra para procesos constructivos de acabados en el Departamento Scala, y como objetivos específicos se definieron medir el rendimiento real en campo de los procesos constructivos seleccionados, comparar los rendimientos obtenidos con valores de referencia en literatura y analizar la variación de costos de mano de obra considerando los rendimientos reales y teóricos.

La metodología aplicada partió de un diagnóstico de las prácticas actuales en la empresa, donde se identificó que, si bien existían datos históricos de rendimientos, estos no siempre reflejaban las condiciones reales de trabajo. Mediante observaciones directas en campo, mediciones de tiempos productivos y no productivos, y entrevistas con el personal clave, se seleccionaron seis procesos constructivos para el análisis: colocación de enchape, fraguado de enchape cerámico esmaltado, sellado de paredes livianas en Gypsum con rodillo, pintura de paredes livianas en Gypsum con rodillo, colocación de luminarias y empastado de cielos livianos en Gypsum. La medición de los rendimientos se realizó en unidades de  $h-h/m^2$  y  $h-h/unidad$  según el tipo de actividad, considerando la composición de la cuadrilla, la duración de la jornada laboral y los costos horarios oficiales del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (2025).

Como primer objetivo específico, se analizó la situación actual del departamento Scala en cuanto al manejo de rendimientos de mano de obra. Se identificó que los datos empleados en presupuestación provenían principalmente de la experiencia de los profesionales y de bases de datos desactualizadas, sin un sistema formal de actualización periódica. Esta situación generaba incertidumbre en la estimación de costos y tiempos.

En el segundo objetivo, se procedió a medir los rendimientos reales en campo en seis procesos constructivos representativos: colocación de enchape, fraguado de enchape cerámico esmaltado, pintura de paredes livianas en gypsum, sellado de paredes livianas en gypsum con rodillo, colocación de luminarias y empastado de cielos livianos en gypsum. Se recopilaron un total de siete mediciones en condiciones reales de ejecución, lo que permitió obtener datos confiables expresados en  $h-h/m^2$  y  $h-h/unidad$ , dependiendo de la actividad. A menor valor de  $h-h/m^2$ , mayor productividad.

El tercer objetivo se cumplió con el desarrollo de una base de datos sistematizada en una plantilla Excel, en la cual se organizaron los datos recolectados y se implementaron fórmulas que permiten calcular rendimientos ajustados, promedios, desviaciones y coeficientes de variación. Esta herramienta fue calibrada con la información obtenida en obra, de modo que la empresa cuenta ahora con un insumo dinámico, actualizable y de fácil uso para futuras planificaciones y presupuestaciones.

Finalmente, en el cuarto objetivo se realizó la comparación entre los rendimientos medidos en campo y los valores reportados en literatura internacional. Los resultados evidenciaron que, en la mayoría de los procesos, los rendimientos reales superaron a los teóricos, lo que se tradujo en menores costos unitarios de mano de obra. Por ejemplo, el sellado de paredes livianas presentó un rendimiento de 8,06 m<sup>2</sup>/h-h frente a los 4,17 m<sup>2</sup>/h-h de la literatura, con una reducción del 48,30 % en el costo unitario. Esta comparación permitió validar la utilidad de los datos recolectados y su potencial para optimizar la presupuestación en proyectos de acabados.

Las principales conclusiones derivadas del estudio indican que los rendimientos medidos en campo ofrecen una representación más precisa de la realidad de obra que las referencias bibliográficas, que en varios procesos la eficiencia observada generó ahorros significativos en los costos de mano de obra, y que el desempeño de las cuadrillas está estrechamente vinculado con la logística, la planificación y la capacitación. Asimismo, se identificó que los procesos que carecen de valores de referencia, como la colocación de luminarias, requieren de una base de datos propia para su correcta estimación de costos.

Como recomendaciones se plantea incorporar los rendimientos obtenidos en este estudio en la base de datos interna de Edica, actualizar periódicamente esta información, ampliar la medición en procesos sin referencias bibliográficas y mantener las condiciones de trabajo que favorecieron los altos rendimientos observados. También se sugiere a la empresa implementar un sistema de seguimiento periódico de rendimientos y costos, con revisiones al menos cada dos años, y utilizar la base de datos desarrollada como una herramienta para la mejora continua y la competitividad de la empresa en sus proyectos de construcción.

En síntesis, este trabajo no solo proporciona una herramienta práctica y adaptable para la estimación precisa de tiempos y costos, sino que también aporta evidencia de que la medición y el análisis sistemático de los rendimientos pueden convertirse en un elemento clave para la optimización de recursos y la mejora del desempeño en la industria de la construcción.

# Simbología

A continuación se presenta la simbología implementada a lo largo del presente proyecto mediante la tabla 1.

**Tabla 1.** Simbología

R	Rendimiento en horas-hombre / unidad
t	Tiempo de duración de la actividad
n	Número de obreros que participaron en dicha actividad y que pertenecen a una misma categoría
V	Volumen de trabajo realizado
fi	Factor de incremento
tc	Tiempo consumido en otras actividades
hd	Horas diarias de trabajo total
#O	Número de operarios
#A	Número de ayudantes
#P	Número de peones
$\bar{x}$	Media aritmética
x	Valor de la variable
n	Número de unidades
$\sigma$	Desviación estándar
CV	Coefficiente de variación

# Introducción

En el sector de la construcción, contar con información precisa sobre los rendimientos de mano de obra es esencial para una planificación eficaz y una presupuestación acertada. La eficiencia en la ejecución de los proyectos, especialmente aquellos de corta duración y alta complejidad técnica, depende en gran medida de conocer de forma confiable cuánto tiempo y cuántos recursos humanos se requieren para completar una tarea específica. Sin embargo, en muchas empresas del sector, persiste la práctica de utilizar rendimientos teóricos o desactualizados, lo que genera desviaciones relevantes entre lo planificado y lo realmente ejecutado.

## Problema

El departamento Scala de la empresa Edica, especializado en procesos de acabados para proyectos de ejecución acelerada, enfrenta limitaciones importantes en la planificación y presupuestación debido a la falta de una base de datos actualizada y validada de rendimientos reales de mano de obra. Actualmente, el Departamento Scala estima los rendimientos de mano de obra con base en datos teóricos, históricos desactualizados y criterios de experiencia profesional, lo que ocasiona desviaciones entre lo planificado y lo ejecutado, afectando la precisión en los presupuestos y la programación de actividades.

## Justificación

La empresa carece de una herramienta completa y actualizada que le permita sistematizar la información de rendimientos de manera estructurada y reutilizable. Ante esta situación, el presente proyecto busca enfocarse en el desarrollo de una base de datos de rendimientos de mano de obra, construida a partir de datos reales recolectados en campo, la cual pueda ser utilizada y actualizada de forma periódica por la empresa.

La necesidad de contar con datos actualizados ha sido enfatizada por el equipo técnico de Edica, ya que no manejan datos actualizados siendo así que no se refleja con precisión la realidad actual de los proyectos, los métodos constructivos, ni el comportamiento operativo de las cuadrillas. Esta desactualización representa un obstáculo para la planificación precisa, la estimación de costos y el cumplimiento de plazos en proyectos de rápida ejecución.

Frente a estos desafíos, se considera indispensable dotar al departamento Scala de una herramienta como una base de datos de rendimientos, desarrollada en el marco de este proyecto, contribuyendo directamente a mejorar la eficiencia operativa de la empresa y promoviendo la estandarización interna.

# Objetivos de desarrollo sostenible

Este trabajo se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 8: Trabajo decente y crecimiento económico, establecido por la Organización de las Naciones Unidas. Al desarrollar una base de datos de rendimientos de mano de obra, se busca optimizar la gestión del recurso humano, promoviendo condiciones de trabajo más eficientes, planificadas y sustentables. Esta herramienta permitirá a la empresa tomar decisiones basadas en información real, lo cual mejora la productividad y fomenta entornos laborales más organizados, con mayor previsibilidad y aprovechamiento de las capacidades del personal. Según Naciones Unidas (2015), el ODS 8 impulsa el crecimiento económico sostenido e inclusivo, así como el empleo pleno y productivo, elementos a los que este proyecto contribuye directamente mediante una mejor administración de los procesos constructivos.

## Antecedentes

La medición y análisis de rendimientos de mano de obra en procesos constructivos es una práctica esencial para lograr una planificación precisa y un uso eficiente de los recursos en obra. En el contexto de los proyectos ejecutados por el departamento Scala de la empresa Edica, esta necesidad se vuelve aún más crítica debido a la naturaleza acelerada y técnica de las actividades de acabados, que requieren cumplir con plazos contractuales exigentes y una coordinación eficaz entre múltiples disciplinas.

A lo largo del tiempo, la empresa ha gestionado estos procesos con base en la experiencia acumulada por su personal y referencias puntuales de proyectos anteriores. No obstante, muchos de estos datos no se encuentran sistematizados ni actualizados, lo que dificulta su uso como insumo confiable para la toma de decisiones. En particular, algunos registros internos tienen más de una década de antigüedad, y no contemplan las condiciones operativas, materiales y métodos constructivos actuales, lo cual genera incertidumbre al momento de estimar duración, recursos y costos para nuevas obras.

Adicionalmente, aunque en la organización se han desarrollado trabajos académicos relacionados con productividad y rendimientos, estos han sido limitados en alcance y no han derivado en una herramienta concreta que pueda integrarse de manera continua a la operación diaria del departamento. De ahí surge la necesidad de avanzar hacia un sistema que centralice y organice los rendimientos reales de mano de obra observados en campo, con un enfoque práctico, adaptable y que pueda mantenerse actualizado a lo largo del tiempo.

Este proyecto propone precisamente el desarrollo de una base de datos de rendimientos como respuesta a esa necesidad, buscando transformar la experiencia acumulada en conocimiento estructurado, facilitar la planificación técnica de proyectos futuros y reducir la dependencia exclusiva de criterios subjetivos en la estimación de tiempos y recursos.

## Objetivo general

- Desarrollar una base de datos de rendimientos de mano de obra para procesos constructivos de acabados en el departamento Scala de la empresa Edica, para la mejora de la precisión en la planificación y presupuestación de proyectos de rápida ejecución.

## Objetivos específicos

- Analizar la situación actual del departamento Scala respecto a los rendimientos de mano de obra en procesos constructivos de acabados considerados críticos, identificando áreas de mejora y prioridades mediante datos acordes a la realidad de cada actividad.
- Medir los rendimientos de mano de obra en las actividades de los proyectos de Edica-Scala, registrando las condiciones de campo presentes durante la toma de datos, con el fin de generar una base de datos procesada mediante una herramienta desarrollada para este propósito.
- Desarrollar una base de datos de rendimientos de mano de obra para ser usado por la organización en sus estimaciones de duración y costo de las actividades.
- Comparar los rendimientos medidos en campo mediante la herramienta desarrollada versus datos encontrados en literatura para la determinación de su precisión y/o utilidad.

## Limitaciones

Este proyecto se centró en el desarrollo de una base de datos de rendimientos de mano de obra aplicada a procesos constructivos de acabados, en el contexto operativo del departamento Scala de la empresa Edica. La propuesta abarcó desde el análisis de la situación actual respecto al uso de rendimientos (su definición, utilidad, implicaciones en la planificación y control de obra, así como su influencia en el presupuesto y el cronograma), hasta la recopilación, sistematización y validación de datos reales obtenidos en proyectos en ejecución.

El trabajo se limitó a un conjunto representativo de actividades consideradas críticas o recurrentes dentro de los proyectos típicos de Scala, como divisiones livianas, colocación de alfombra, piso vinílico, rodapié, empaste, pintura e instalación de luminarias. No se abarcó la totalidad de procesos constructivos que ejecuta la empresa, sino que se enfocaron los esfuerzos en aquellos con mayor impacto operativo y frecuencia de uso. Las actividades medidas en campo fueron: colocación de enchape, fraguado de enchape cerámico esmaltado, pintura en paredes livianas de gypsum, sellado de paredes livianas de gypsum mediante el uso de rodillo, colocación de luminarias y empastado de cielos livianos en gypsum. Estos seis procesos constructivos contaron con un total de siete mediciones durante siete días. Debido a limitaciones de tiempo y logística, las mediciones se realizaron cuando el proyecto ya se encontraba en una etapa avanzada; de haberse iniciado en las fases iniciales, la selección de actividades podría haber variado.

Como parte de la investigación, se realizaron visitas técnicas a la obra para la medición directa de rendimientos, utilizando instrumentos previamente definidos y validados. Los datos recolectados fueron organizados en una herramienta digital que facilita su consulta, análisis y futura actualización por parte del personal técnico.

Este proyecto no contempló la implementación formal de la base de datos como sistema informático dentro de la infraestructura de la empresa, ni la capacitación masiva del personal. Tampoco se abordaron variables como la calidad de los materiales o la productividad individual, ya que el enfoque se centró exclusivamente en los tiempos y recursos humanos asociados a cada actividad constructiva, además de un análisis preliminar de la rentabilidad económica de los rendimientos medidos en campo versus rendimientos encontrados en literatura. Esto se realizó considerando que la empresa no deseaba compartir públicamente los costos de mano de obra, y con el fin de determinar si los rendimientos en campo se ajustaban a la literatura.

El resultado final fue una herramienta base de consulta para futuros presupuestos y planificaciones, que la empresa podrá ampliar, alimentar y adaptar con base en sus necesidades y proyectos venideros.

Durante el desarrollo del proyecto se solicitó a la empresa Edica los costos y rendimientos históricos utilizados en presupuestación, con el fin de contrastar los resultados obtenidos con los parámetros internos. Sin embargo, no fue posible acceder a dicha información, lo que limitó la posibilidad de verificar si los costos estaban correctamente calibrados o si existían diferencias significativas. Ante esta limitación, se procedió a realizar la comparación con rendimientos de la literatura lo cual permitió validar la pertinencia de los resultados en un marco de referencia técnico.

Asimismo, se asume que los datos recolectados siguen una distribución normal, condición que no fue comprobada estadísticamente debido al tamaño limitado de la muestra. Esta suposición se realizó únicamente para efectos de cálculo y comparación de resultados.

# Capítulo 1: Marco Teórico

El presente marco teórico proporciona los fundamentos conceptuales que respaldan el desarrollo de una base de datos mediante una guía para la estimación de rendimientos de la mano de obra en procesos constructivos de acabados, en el contexto del departamento de Scala de la empresa Edica. Dado que la empresa ejecuta múltiples proyectos de corta duración, es fundamental comprender los factores que influyen en la productividad de las actividades de obra. A través de esta revisión se establece el soporte técnico para justificar la necesidad y aplicabilidad del instrumento propuesto.

## 1.1. Rendimiento

El rendimiento de la mano de obra en el sector de la construcción se entiende como la cantidad de actividades o tareas específicas que un trabajador o cuadrilla puede ejecutar en una unidad de tiempo determinada. Usualmente se expresa en unidades de medida por hora-hombre (um/hh), representando así el grado de avance que puede esperarse en condiciones normales de ejecución (Vintimilla, Delgado, & Mendoza, 2022)

Una definición complementaria según Botero (2002) es que el rendimiento es “la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada por una cuadrilla, compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad por unidad de recurso humano”. Este parámetro es fundamental en la planificación y presupuestación de los proyectos constructivos, ya que permite establecer metas de producción y determinar el consumo de recursos humanos esperados para cada actividad (Botero, 2002).

Es importante señalar que, en términos estrictos, la expresión de los rendimientos en unidades como h-h/m<sup>2</sup> o h-h/u corresponde al consumo de mano de obra más que al rendimiento directo, ya que a mayor valor numérico menor es la productividad obtenida. Sin embargo, para efectos de este informe y con el fin de mantener coherencia con la práctica común en el sector construcción, este indicador se denominará “rendimiento de mano de obra”, entendiendo que se refiere al consumo horario requerido por unidad de trabajo ejecutada.

Cabe destacar que, aunque existen clasificaciones teóricas de la eficiencia en la productividad de la mano de obra, como la propuesta por Botero (2002), los rangos de cumplimiento esperado pueden variar significativamente según la empresa, el tipo de proyecto y las condiciones específicas de ejecución. Por este motivo, en el presente informe se hace únicamente una referencia conceptual a dicha clasificación, sin aplicar directamente los valores numéricos, para evitar interpretaciones fuera de contexto. Esta clasificación, que se

muestra en la figura 1, define rangos desde "muy baja" hasta "excelente", según el porcentaje de eficiencia alcanzado por los trabajadores en relación con un valor estándar esperado.

**Figura 1.** Clasificación de la eficiencia en la productividad de la mano de obra.

<b>EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD</b>	<b>RANGO</b>
Muy baja	10% - 40%
Baja	41% - 60%
Normal (promedio)	61% - 80%
Muy buena	81% - 90%
Excelente	91% -100%

Nota: obtenido de Botero (2002).

## 1.2. Factores

El rendimiento de la mano de obra en construcción es una variable sujeta a una amplia gama de influencias que interactúan entre sí y determinan, en última instancia, la productividad real de los procesos constructivos. A diferencia de los valores teóricos definidos en bases de datos o presupuestos iniciales, el rendimiento real refleja las condiciones específicas en que se desarrolla cada proyecto. Comprender estos factores es fundamental para formular estrategias de planificación más precisas, minimizar desviaciones y mejorar la eficiencia global en obra.

Para controlar estos factores, se recomienda aplicar un enfoque de medición de productividad a nivel de actividad, considerando tanto la eficiencia (uso racional del tiempo) como la efectividad (alcance de la calidad y cantidad planificada). Esto permite identificar cuellos de botella operativos, especialmente cuando se manejan múltiples actividades de acabado en paralelo, como sucede en proyectos *fast-track* (Rathnayake, Murguia, & Middleton, 2024).

Diversos autores coinciden en que los factores que inciden sobre los rendimientos pueden clasificarse en factores técnicos, organizativos, ambientales, humanos, económicos y de gestión, los cuales se desarrollan a continuación.

### 1.2.1. Capacitación y experiencia personal

Uno de los factores más determinantes en el rendimiento de obra es la habilidad técnica y el nivel de experiencia del recurso humano. Personal con entrenamiento insuficiente o sin experiencia en tareas específicas, como instalación de cielos livianos o acabados finos, tiende a presentar mayores tiempos de ejecución, errores y necesidad de retrabajo. Según Botero (2002), estos aspectos deben considerarse al

momento de proyectar consumos de mano de obra, ya que el recurso humano no actúa de forma homogénea en todas las condiciones.

### **1.2.2. Disponibilidad y logística de materiales y herramientas**

La eficiencia de una cuadrilla también depende de la accesibilidad continua a materiales y equipos. Retrasos por falta de insumos, desplazamientos extensos dentro del sitio o herramientas en mal estado interrumpen la continuidad del trabajo y reducen la producción. Vintimilla-Sánchez et al. (2022) clasifican este tipo de barreras dentro de los factores operacionales, resaltando que la falta de materiales en el punto de uso representa una de las causas más frecuentes de interrupción en la ejecución.

La gestión eficiente del abastecimiento y la reducción de tiempos de espera por materiales son determinantes para mantener el ritmo de trabajo en obra. Yıldız et al. (2024) investigaron en Turquía cómo prácticas como el manejo de inventarios, control de stock y gestión de residuos tienen un impacto positivo significativo sobre el rendimiento del proyecto, incluyendo tiempos de entrega, eficiencia y productividad general. Aunque descubrieron que la planificación logística por sí sola no fue un predictor estadísticamente significativo del desempeño, sí destacaron que la coordinación efectiva en la entrega y el suministro sí son esenciales para evitar interrupciones operacionales.

Adicionalmente, Sezer y Fredriksson (2021), en un estudio realizado en 13 obras suecas, evaluaron los patrones de entrega de materiales y tiempos de retorno (*turnaround*) de camiones. Identificaron que más del 50 % de las entregas se concentraron antes de las 9 a. m., y que los bienes de gran volumen o peso ligero presentaban los tiempos más prolongados. Esto revela que, sin una logística planificada y timing estricto de accesos, las entregas se vuelven ineficientes, generando congestión e interrupciones en el flujo de materiales.

### **1.2.3. Secuencia e interferencia entre actividades**

En obras donde se desarrollan múltiples procesos simultáneamente, como es común en proyectos de acabados industriales, es frecuente que se presenten interferencias entre oficios. Estas superposiciones generan tiempos de espera o restricciones de espacio que disminuyen la productividad. Botero (2002) destaca que la planificación deficiente de la secuencia de actividades es uno de los errores más comunes que afecta los rendimientos en obra.

La interferencia entre actividades también se agrava cuando no se respetan las rutas críticas o los cronogramas no consideran restricciones físicas y de acceso. Según Ahiaga-Dagbui y Smith (2014), los conflictos entre gremios (por ejemplo, entre electricistas y enchapadores) suelen deberse a una programación inadecuada y a la falta de coordinación entre contratistas. Este tipo de solapamientos genera retrabajo, pérdida de materiales y parálisis momentáneas que reducen la eficiencia global del proyecto.

Asimismo, la falta de integración entre la planificación a nivel macro (cronograma maestro) y la planificación operativa diaria contribuye a estas interferencias. Ballard y Howell (2003), en su propuesta del sistema Last Planner, enfatizan que para evitar interrupciones es necesario vincular las decisiones de corto plazo con los compromisos reales de los equipos en obra. Su enfoque busca minimizar actividades no ejecutables mediante reuniones de planificación colaborativa, reduciendo así la variabilidad y mejorando el flujo continuo de trabajo.

#### **1.2.4. Condiciones físicas y ambientales del sitio**

La climatología, iluminación natural, ventilación o presencia de contaminantes (como polvo o humedad) afectan la velocidad de ejecución y la calidad del acabado. Esto es particularmente crítico en actividades como pintura, empaste o instalaciones técnicas en cuartos limpios. Fashina et al. (2021) añaden que estos factores son relevantes no solo por su impacto en tiempos de ejecución, sino también porque generan riesgos adicionales que requieren pausas o ajustes en el método constructivo.

Las condiciones climáticas extremas, como altas temperaturas o lluvias intensas, pueden tener efectos adversos tanto en el rendimiento físico de los trabajadores como en la ejecución técnica de ciertas actividades constructivas. Abdelhamid y Everett (2000) destacan que el estrés térmico, ya sea por calor o frío, reduce la concentración, eleva el riesgo de accidentes y obliga a realizar más pausas, lo que disminuye la productividad global. Además, algunos procesos, como el curado del concreto o la aplicación de recubrimientos, requieren condiciones específicas de temperatura y humedad para alcanzar la calidad esperada.

Por otra parte, se ha comprobado que el entorno físico inmediato (incluyendo iluminación, ventilación, ruido y organización espacial) incide directamente en la eficiencia del personal. Alinaitwe et al. (2007) señalan que entornos con iluminación deficiente o ventilación inadecuada incrementan la fatiga y los errores, mientras que sitios desordenados dificultan el desplazamiento, generan interferencias y aumentan los tiempos improductivos. En consecuencia, la adecuada preparación del sitio y su mantenimiento durante la obra son factores críticos para garantizar tanto la productividad como la seguridad de los trabajadores.

#### **1.2.5. Organización del trabajo y supervisión**

El rendimiento también depende de la claridad de las instrucciones, la disponibilidad de planos actualizados, y la existencia de una supervisión activa. Cuadrillas con poca orientación tienden a reducir su ritmo, realizar tareas incorrectas o incurrir en tiempos muertos. Según Hendrickson (2008), una adecuada estructura organizativa y liderazgo efectivo pueden representar una diferencia significativa en la eficiencia del trabajo en campo.

Además del liderazgo formal, la coordinación interfuncional y el flujo de información oportuna son claves para una ejecución eficiente en obra. Thomas et al. (2002) demostraron que la falta de planificación

detallada y la débil supervisión generan interrupciones en la secuencia de trabajo, lo que se traduce en pérdida de tiempo productivo. Su estudio cuantificó que hasta un 30% de la jornada laboral en proyectos de construcción puede desperdiciarse por causas atribuibles a la mala gestión organizativa, como cambios no comunicados, ausencia de materiales o duplicidad de funciones.

Por otro lado, Jarkas y Bitar (2012) destacan que la supervisión no debe limitarse a tareas de control, sino que debe asumir un rol facilitador para las cuadrillas. En su investigación sobre proyectos de edificación en Kuwait, identificaron que los supervisores que brindan retroalimentación técnica frecuente y que comprenden el entorno operativo del personal logran equipos más cohesionados y eficientes. Esta relación directa entre supervisión proactiva y desempeño sugiere que invertir en la formación de supervisores tiene un retorno tangible en la productividad.

### **1.2.6. Factores contractuales y económicos que afectan la productividad en obra**

Retrasos en los pagos, contratos poco claros o presión excesiva por parte del cliente pueden generar tensiones en los equipos de trabajo. En su estudio, Fashina et al. (2021) identifican la falta de cumplimiento en pagos como el primer factor crítico de retraso en proyectos en ejecución, lo que produce desmotivación, rotación de personal y disminución del ritmo de trabajo.

Otro aspecto relevante es la ambigüedad o falta de precisión en los contratos, lo cual puede conducir a disputas contractuales que paralizan el avance del proyecto. Según Hwang et al. (2013), los contratos mal definidos generan una percepción de inseguridad jurídica entre los contratistas y subcontratistas, afectando su disposición a invertir tiempo y recursos en la obra. Estos conflictos pueden derivar en retrasos por renegociaciones, reclamaciones y procesos legales que distraen al equipo directivo de su enfoque operativo.

Complementando lo anterior, Omopariola et al. (2021) destacan que la implementación adecuada de sistemas de pago anticipado (APS) puede contrarrestar algunos de estos efectos negativos. Su investigación demuestra que un APS bien estructurado mejora el flujo de caja y permite a los contratistas mantener la continuidad operativa, lo que se traduce en mejoras en los costos, los plazos y la calidad de ejecución. Sin embargo, advierten que para alcanzar estos beneficios es fundamental contar con una administración financiera sólida, ya que de lo contrario el sistema puede resultar ineficaz o incluso contraproducente.

### **1.2.7. Tecnología y métodos constructivos**

El uso de sistemas constructivos más eficientes (como paneles modulares o preensamblados) permite acelerar los procesos, pero exige personal capacitado y ajustes en la planificación. Cuando se implementan sin preparación adecuada, pueden generar cuellos de botella en lugar de beneficios. Estudios recientes como

el de Rathnayake et al. (2024) destacan la importancia de adaptar la tecnología al entorno de ejecución para que los métodos realmente aporten a la mejora de la productividad. (Rathnayake, Murguia, & Middleton, 2024)

## 1.3. Acabados constructivos

Los acabados constructivos comprenden un conjunto de actividades destinadas a dotar de funcionalidad, estética y condiciones de habitabilidad a los espacios construidos. Estos procesos abarcan tareas como pintura, instalación de cielos suspendidos, divisiones livianas, colocación de enchapes, entre otras, que son altamente sensibles a la coordinación, calidad de ejecución y secuencia operativa. En proyectos de ritmo acelerado, como los desarrollados por Edica en zonas francas, los acabados representan una fase crítica debido a su ubicación al final del cronograma, su influencia en la percepción del cliente y su alta densidad de mano de obra calificada.

Desde el punto de vista técnico, los acabados se caracterizan por requerir una ejecución detallada, generalmente en espacios cerrados o condicionados, donde interactúan múltiples oficios de forma simultánea. Según Hendrickson (2008), este tipo de actividades se ve fuertemente afectado por factores como la accesibilidad del sitio, la logística interna y la disponibilidad de recursos especializados, lo cual influye directamente en la productividad del personal asignado.

El rendimiento en actividades de acabados tiende a ser más variable que en las fases estructurales debido a la personalización del diseño, la diversidad de materiales, y la frecuente necesidad de retrabajo por ajustes de última hora. Además, estudios recientes muestran que en procesos como la instalación de *drywall* o cielos suspendidos, se presentan pérdidas de productividad por discontinuidades entre cuadrillas y cambios en las condiciones del entorno inmediato (Rathnayake, Murguia, & Middleton, 2024).

## 1.4. Técnicas de medición de rendimientos

La medición del rendimiento de la mano de obra en construcción es una herramienta esencial para evaluar la eficiencia operativa y gestionar los recursos humanos de manera más efectiva. Un rendimiento mal estimado puede derivar en cronogramas inexactos, sobrecostos y descoordinación entre actividades. Por ello, las técnicas utilizadas para medir este parámetro deben ser rigurosas, adaptadas al tipo de proceso constructivo y fáciles de aplicar en campo.

### 1.4.1. Observación directa

La observación directa es una de las técnicas más tradicionales y utilizadas. Consiste en registrar manualmente el avance de una actividad durante un período definido, identificando el número de operarios, las tareas realizadas y los tiempos asociados. Este método permite calcular el rendimiento real expresado en

unidades por hora-hombre (um/hh). Según Hendrickson (2008), esta técnica es particularmente útil para tareas repetitivas o de flujo continuo, como pintura, instalación de paneles o colocación de cielo suspendido.

Según Ortiz (2009), para estimar los rendimientos indica la ecuación 1.

$$R = \frac{t \cdot n}{V} \quad (1)$$

Donde:

- R representa el rendimiento en horas-hombre por unidad de trabajo.
- t es el tiempo de duración de la actividad, expresado generalmente en horas.
- n indica el número de obreros que participaron en dicha actividad y que pertenecen a una misma categoría (por ejemplo, operarios o peones).
- V corresponde al volumen de trabajo realizado, el cual se mide en unidades específicas según el tipo de actividad (m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, unidades, etc.).

Esta fórmula se utilizará en la plantilla para estimar el rendimiento base del equipo en cada actividad observada.

Para ilustrar el uso de la ecuación 1, supongamos que una cuadrilla de 2 trabajadores tarda 6 horas en instalar 30 m<sup>2</sup> de cielo suspendido. Sustituyendo en la fórmula:

$$R = \frac{6 \cdot 2}{30} = 0.4 \text{ h} - \text{h/m}^2$$

Esto significa que se requieren, en promedio, 0.4 horas-hombre para completar un metro cuadrado.

Dado que los rendimientos se calculan usualmente con base en los tiempos netos de trabajo, es decir, considerando únicamente el periodo en que los operarios están ejecutando directamente una tarea, es necesario ajustar esos valores para reflejar la realidad del entorno laboral. Esto se debe a que, durante la jornada, los trabajadores también realizan actividades complementarias como el traslado de materiales, pausas para alimentación, hidratación o incluso desplazamientos entre frentes de trabajo. Para representar adecuadamente esta dinámica, se debe aplicar un factor de corrección que incremente el rendimiento base, incorporando el impacto de esos tiempos no productivos. De este modo, se obtiene una estimación más realista y representativa del desempeño de la mano de obra en condiciones normales de obra. (Ortiz, Paniagua, & Sandoval, 2009)

Para estimar el factor se aplica la ecuación 2.

$$f_i = \frac{t_c \cdot 100}{h_d - t_c} \quad (2)$$

Donde:

- $f_i$  es el factor de incremento, expresado como porcentaje, que refleja el impacto del tiempo consumido en actividades no productivas sobre el tiempo neto disponible.
- $t_c$  representa el tiempo consumido en otras actividades, es decir, aquel tiempo que no se destina directamente a la tarea principal (por ejemplo: pausas, desplazamientos, ajustes, espera de materiales).

- $h_d$  son las horas diarias de trabajo total, es decir, la jornada laboral completa establecida para el equipo.
- El valor 100 se utiliza para expresar el resultado en porcentaje.

Esta fórmula se usará en la plantilla para ajustar el rendimiento real según condiciones observadas en campo.

Para ilustrar su uso, considere un día laboral de 10 horas donde 2.5 horas se dedicaron a actividades no directamente productivas (como espera de materiales), sustituyendo en la fórmula 2:

$$f_i = \frac{2.5 \cdot 100}{10 - 2.5} = 33.33\%$$

Este valor indica que el rendimiento base debería incrementarse en un 33.33 % para reflejar adecuadamente las pérdidas de tiempo.

Seguidamente para calcular el rendimiento real de la mano de obra se aplica la ecuación 3.

$$R = R(1 + f_i) \quad (3)$$

Donde:

- $R$  es el rendimiento base en horas-hombre por unidad, obtenido sin considerar pérdidas o tiempos improductivos.
- $f_i$  es el factor de incremento, calculado previamente, que expresa en forma porcentual el efecto del tiempo consumido en otras actividades sobre el rendimiento neto.

Esta fórmula será aplicada automáticamente en la plantilla para reflejar rendimientos reales ajustados por tiempo improductivo.

Partiendo del ejemplo anterior, si el rendimiento base es de  $0.4 h - h/m^2$  y el factor de incremento es de 33.33%, aplicando la ecuación 3 tenemos:

$$R = 0.4(1 + 0.333) = 0.533 h - h/m^2$$

Este nuevo valor representa el rendimiento ajustado a las condiciones reales del sitio.

Teniendo estos valores se puede aplicar un cálculo de su costo ya que el rendimiento de mano de obra se expresa en horas hombre, con la ecuación 4.

$$\text{Horas - Hombre} = \frac{\#O \cdot t + \#A \cdot t + \#P \cdot t}{\# \text{ de trabajadores}} \quad (4)$$

Donde:

- $\#O \cdot t$  representa las horas trabajadas por los operarios, siendo  $\#O$  el número de operarios y  $t$  el tiempo de duración de la actividad.
- $\#A \cdot t$  son las horas trabajadas por los ayudantes, con  $\#A$  como número de ayudantes.
- $\#P \cdot t$  corresponde a las horas trabajadas por los peones, con  $\#P$  como número de peones.
- El denominador,  $\#$  de trabajadores, es la suma total de integrantes del equipo de trabajo (operarios, ayudantes y peones).

Esta ecuación se incluirá en la plantilla para obtener el promedio de horas-hombre invertidas por trabajador.

Si por ejemplo durante una medición participaron 2 operarios, 1 ayudante y 1 peón, todos trabajando 4 horas, el cálculo con la ecuación 4 sería:

$$\text{Horas} - \text{Hombre} = \frac{2 \cdot 4 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 4}{4} = 4$$

Esto indica que, en promedio, cada trabajador aportó 4 horas-hombre a la actividad.

## 1.4.2. Estudio de tiempos y movimientos

El estudio de tiempos y movimientos (*time and motion study*) es una metodología derivada de la ingeniería industrial, aplicada para analizar cómo se distribuye el tiempo en las distintas fases de una actividad. Su propósito es eliminar tiempos improductivos y mejorar la secuencia de trabajo. Este método, respaldado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), se aplica cronometrando tareas individuales en múltiples ciclos para establecer un tiempo estándar de ejecución. (Organización Internacional del Trabajo (OIT), 2008)

## 1.4.3. Muestreo del trabajo (work sampling)

El muestreo del trabajo consiste en realizar observaciones periódicas a intervalos aleatorios para determinar el porcentaje de tiempo que los operarios dedican a actividades productivas, improductivas o en espera. Este método permite identificar cuellos de botella operativos sin requerir observación continua, lo que lo hace útil en obras extensas o con alta rotación de tareas. Rathnayake et al. (2024) lo recomiendan como técnica complementaria para medir productividad a nivel de actividad.

## 1.4.4. Benchmarking y análisis histórico

El uso de datos históricos o de benchmarking (comparación con rendimientos estándar o de otros proyectos similares) también es común para validar si el desempeño de una cuadrilla se encuentra dentro de los márgenes esperados. Sin embargo, esta técnica puede generar distorsiones si no se ajusta a las condiciones específicas del proyecto, como ubicación, clima, materiales o complejidad del diseño.

## 1.4.5. Lean Construction

En contextos modernos, se han incorporado técnicas provenientes de la filosofía Lean Construction, como el uso del sistema *Last Planner*, tarjetas Kanban o *Value Stream Mapping* (VSM) para visualizar flujos de trabajo y detectar desperdicios en tiempo, esfuerzo o materiales. Estas herramientas no solo permiten medir el rendimiento, sino optimizarlo mediante retroalimentación continua.

A diferencia de los modelos tradicionales de gestión de obra, que se enfocan en planificar tareas y controlar costos de forma aislada, *Lean Construction* promueve una visión integrada de los procesos,

orientada a la colaboración, flujo continuo de trabajo, mejora continua y compromiso del equipo de producción.

Uno de los pilares fundamentales de Lean en construcción es el *Last Planner System* (LPS), una metodología de planificación colaborativa que involucra a los encargados de ejecutar las tareas (los “últimos planificadores”) en la toma de decisiones sobre secuencia, duración y condiciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos semanales. Esta herramienta ha demostrado mejoras significativas en confiabilidad del cronograma, reducción de variabilidad y aumento del rendimiento en actividades críticas (Alarcon, Salvatierra , Donaire, & Galleguillos, 2017).

Además del LPS, otras herramientas Lean frecuentemente aplicadas en obra incluyen:

- *Value Stream Mapping* (VSM): mapeo visual del flujo de procesos que permite identificar y eliminar actividades que no agregan valor (esperas, movimientos innecesarios, inventario excesivo).
- 5S: método de organización del entorno de trabajo (clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener) que mejora la seguridad y eficiencia.
- Kanban: sistema visual para controlar el flujo de materiales y tareas en tiempo real.

Según Alarcón et al. (2017), la aplicación de estas herramientas permite visualizar con mayor claridad los puntos críticos del proceso productivo y alinear los esfuerzos de supervisión, mano de obra y planificación para lograr una ejecución más fluida y predecible

Si bien *Lean Construction* puede ser percibido como un modelo idealizado, su implementación progresiva, adaptada a la cultura organizacional y al tipo de proyecto, ha generado resultados positivos en obras públicas, privadas e industriales. Su impacto es aún mayor en etapas de acabados, donde la coordinación entre múltiples actividades, equipos y entregables simultáneos exige una planificación altamente sincronizada.

## 1.5. Mapeo de procesos

El mapeo de procesos es una técnica de análisis visual que permite descomponer, documentar y evaluar las actividades que componen un flujo de trabajo, identificando los pasos que agregan valor y aquellos que representan desperdicio o ineficiencia. En el contexto de la construcción, esta herramienta es esencial para entender la secuencia lógica de las tareas, optimizar recursos y facilitar la toma de decisiones en tiempo real.

En la metodología *Lean Construction*, el *Value Stream Mapping* (VSM) es una de las principales herramientas utilizadas para este fin. Consiste en representar gráficamente el recorrido de una actividad o grupo de actividades, desde el inicio hasta la entrega del producto final, con énfasis en los tiempos de ejecución, espera, transporte, inspección y cualquier otro factor que impacte la fluidez del proceso.

Según Alarcón et al. (2017), el VSM aplicado a obras permite visualizar de forma clara y sistemática dónde se producen cuellos de botella, interrupciones en el flujo de trabajo o tareas que no aportan valor

directo al cliente. Esto es particularmente útil en proyectos de acabados, donde múltiples cuadrillas realizan actividades interdependientes en espacios reducidos y con altos estándares de calidad.

El mapeo de procesos también facilita la estandarización de actividades repetitivas y la mejora continua, al proporcionar una base para comparar el desempeño de las tareas frente a los rendimientos esperados. Asimismo, permite alinear a todos los actores involucrados (planificadores, supervisores, contratistas y operarios) en torno a una visión compartida del flujo de trabajo, promoviendo la colaboración y la reducción de variabilidad

## 1.6. Análisis de riesgo

El análisis de riesgo en construcción es un proceso sistemático mediante el cual se identifican, evalúan y priorizan eventos o condiciones inciertas que pueden afectar negativamente los objetivos del proyecto, tales como el cumplimiento del cronograma, el control de costos y la calidad esperada. En el caso específico de la medición de rendimientos de mano de obra, el análisis de riesgo se convierte en una herramienta crítica para anticipar variaciones y mitigar desviaciones en productividad.

Los riesgos que inciden sobre los rendimientos pueden clasificarse en tres grandes grupos:

- Riesgos técnicos: Incluyen errores en el diseño, incompatibilidades constructivas, fallos en la especificación de materiales o dificultad en el uso de sistemas livianos o prefabricados sin una curva de aprendizaje adecuada.
- Riesgos operacionales: Relacionados con interrupciones logísticas, rotación de personal, interferencias entre actividades simultáneas, ausencia de supervisión efectiva o cambios en el alcance del proyecto.
- Riesgos externos: Factores como condiciones climáticas adversas, atrasos en la entrega de materiales por parte de proveedores, y restricciones normativas o de seguridad.

Según Hendrickson (2008), un análisis de riesgo efectivo debe considerar no solo la probabilidad de ocurrencia de cada evento, sino también su impacto específico en los costos de producción y los tiempos de ejecución. Este enfoque permite aplicar medidas de control como la creación de buffers de tiempo, flexibilización de cuadrillas o redefinición de secuencias de trabajo.

En términos metodológicos, se pueden utilizar herramientas como matrices de riesgo, análisis cualitativos (experiencia de campo) y cuantitativos (Monte Carlo, simulaciones), adaptadas al nivel de complejidad del proyecto. Además, el seguimiento de indicadores de rendimiento (como  $m^2$ /jornada, % de avance planificado vs. real) permite detectar tempranamente desviaciones atribuibles a riesgos no contemplados.

Implementar el análisis de riesgos en la medición de rendimientos, por ejemplo, en acabados como pintura o divisiones livianas, ayuda a anticipar las condiciones que pueden afectar la productividad esperada, ajustar metas en función de restricciones reales y tomar decisiones fundamentadas ante imprevistos.

## 1.7. Indicadores

Los indicadores de rendimiento son métricas claves utilizadas para evaluar de forma cuantitativa la productividad, eficiencia y cumplimiento de metas en un proyecto de construcción. Estos indicadores son fundamentales para monitorear el desempeño de la mano de obra, detectar desviaciones, establecer puntos de mejora y justificar decisiones ante jefaturas o clientes.

En el ámbito de la construcción, especialmente en proyectos con plazos ajustados como los del departamento Scala de Edica, los indicadores permiten transformar datos operativos en información útil para la toma de decisiones en tiempo real. Su correcta definición y seguimiento es crucial para medir los avances en actividades críticas como pintura, instalación de cielo suspendido, divisiones livianas y empaste.

Entre los indicadores más utilizados en obra:

- Rendimiento específico: Cantidad de trabajo realizado por jornada por cada cuadrilla u operario (por ejemplo, m<sup>2</sup>/día u horas/unidad). Es el principal indicador para evaluar la productividad de mano de obra.
- % de cumplimiento del cronograma: Compara el avance real frente al planificado. Ayuda a identificar retrasos acumulados por baja productividad o interferencias.
- % de tareas completadas sin retrabajo: Evalúa la calidad y exactitud de las actividades ejecutadas. Un alto índice de retrabajo puede estar relacionado con errores, falta de capacitación o mala coordinación.
- Índice de desempeño del trabajo (PPI, por sus siglas en inglés): Es una medida integral de productividad que considera tiempo, calidad y cumplimiento de metas. Puede usarse como KPI en informes ejecutivos.
- Costo por unidad de producción: Relaciona los costos laborales con las unidades realmente producidas. Permite medir la eficiencia financiera de las actividades constructivas.
- Porcentaje de tiempo productivo vs. improductivo: Obtenido mediante muestreo del trabajo o seguimiento continuo. Refleja el grado de aprovechamiento efectivo del tiempo en obra.

Según Hendrickson (2008), la clave no está solo en definir indicadores, sino en establecer un sistema de medición consistente, periódicamente actualizado, y vinculado directamente con el proceso de retroalimentación para la mejora continua.

Por su parte, el enfoque Lean propone el uso de indicadores visuales en sitio (tableros, tarjetas, líneas base), para facilitar la comunicación entre cuadrillas, supervisores y responsables de planificación, promoviendo un entorno de transparencia y responsabilidad compartida.

## 1.8. Flujo valor

El flujo de valor (*value stream*) en construcción hace referencia al conjunto completo de actividades, tanto productivas como no productivas, que son necesarias para transformar insumos (materiales, mano de obra, información) en un producto terminado que genere valor para el cliente. Este concepto, originado en la filosofía Lean, busca identificar y maximizar únicamente aquellas acciones que realmente aportan valor, eliminando o reduciendo las que representan desperdicio.

En proyectos constructivos como los del departamento Scala de Edica, donde los cronogramas son exigentes y los márgenes de maniobra limitados, asegurar un flujo de valor continuo y eficiente es esencial para cumplir con entregas de calidad en tiempo y forma. La implementación de esta filosofía permite analizar cómo se encadenan los procesos (desde la planificación, logística de materiales, ejecución de tareas de acabados, hasta la entrega final) para detectar demoras, interrupciones o tareas duplicadas.

Según el Manual GEPUC (2017), el análisis del flujo de valor debe realizarse mediante herramientas visuales como el *Value Stream Mapping* (VSM), que permite identificar claramente los procesos que agregan valor, los que no lo agregan pero son necesarios (por ejemplo, controles de calidad) y aquellos que no agregan valor y pueden eliminarse o reducirse.

Uno de los principios clave de Lean es asegurar que el flujo de trabajo sea continuo, sin interrupciones innecesarias, y que cada tarea se realice en el momento justo, con los recursos adecuados y sin sobreproducción. Cuando el flujo se interrumpe por esperas entre cuadrillas, falta de materiales, o decisiones mal comunicadas, el valor entregado al cliente se ve comprometido.

El flujo de valor también implica una coordinación transversal entre áreas técnicas, administrativas y operativas, fomentando la colaboración en lugar de la ejecución aislada de actividades. Esto es especialmente importante en los procesos de acabados, donde intervienen múltiples especialidades en espacios compartidos.

## 1.9. Estandarización de procesos

La estandarización de procesos en construcción es una estrategia clave para asegurar la calidad, mejorar la eficiencia y reducir la variabilidad en la ejecución de tareas repetitivas. Este concepto implica documentar y establecer de manera clara las mejores prácticas para cada actividad, con el fin de que todos los involucrados en el proyecto ejecuten las tareas bajo los mismos criterios técnicos, secuencias y tiempos estimados.

En el contexto de los proyectos de acabados, donde múltiples cuadrillas trabajan simultáneamente en espacios reducidos y bajo cronogramas ajustados, la estandarización permite lograr mayor previsibilidad en los rendimientos, reducir errores operativos y facilitar el control de calidad.

Según Alarcón et al. (2017), la estandarización es una herramienta fundamental dentro del enfoque Lean, ya que constituye la base para implementar mejoras continuas. Sin estándares claros no es posible medir, comparar ni mejorar el desempeño productivo. La estandarización se vincula estrechamente con el concepto de "trabajo estándar" (*standard work*), que define la mejor combinación conocida de tareas, tiempos y recursos necesarios para realizar una actividad sin desperdicios

Entre los beneficios asociados a la estandarización se incluyen:

- Reducción de la curva de aprendizaje de nuevos operarios.
- Facilita la capacitación y supervisión.
- Disminuye el retrabajo y los tiempos muertos.
- Mejora la coordinación entre cuadrillas y subcontratos.
- Genera datos comparables para la medición de rendimientos.

Además, en entornos donde se aplican técnicas de medición de productividad como observación directa o análisis de tiempos, contar con procesos estandarizados permite interpretar correctamente los resultados y actuar sobre las causas reales de variabilidad.

## 1.10. Estadística

Con los rendimientos calculados, se debe de calcular su media aritmética, la cual se tiene que es una medida de tendencia central que representa el valor promedio de una distribución. Se calcula sumando todos los valores observados de una variable y dividiendo entre el número total de observaciones, véase la ecuación 5. (Casado, 2007)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (5)$$

Donde:

- $\bar{x}$  es la media aritmética de una muestra de datos.
- $\sum x$  es la suma de todos los valores observados de la variable.
- $n$  es el número total de unidades o mediciones consideradas.

Esta fórmula se utilizará en la plantilla para obtener el promedio de variables como el rendimiento real, el tiempo consumido o el volumen ejecutado, facilitando la comparación entre actividades o jornadas distintas.

Supongamos que se registraron los siguientes rendimientos reales (en h-h/m<sup>2</sup>) en cinco mediciones consecutivas: 0.40, 0.45, 0.38, 0.42 y 0.44.

La media se calcularía mediante la ecuación 5 de la siguiente forma:

$$\bar{x} = \frac{0.40 + 0.45 + 0.38 + 0.42 + 0.44}{5} = 0.418 \text{ h} - \text{h/m}^2$$

Esto indica que, en promedio, las cuadrillas utilizaron 0.418 horas-hombre por metro cuadrado en esa actividad.

La desviación estándar (también conocida como desviación típica) es una medida de dispersión que indica cuánto se alejan, en promedio, los valores de una distribución con respecto a la media. Se calcula tomando la raíz cuadrada de la varianza, la cual a su vez es el promedio de los cuadrados de las diferencias entre cada valor y la media. Una desviación estándar baja indica que los valores están cerca de la media, mientras que un alta indica mayor dispersión, véase la ecuación 6. (Casado, 2007)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}} \quad (6)$$

Donde:

- $\sigma$ : Desviación estándar, que indica cuánto se dispersan los valores respecto a la media.
- $x$ : Cada valor observado de la variable.
- $\bar{x}$ : Media aritmética de la muestra.
- $n$ : Número total de observaciones.

Esta fórmula será utilizada en la plantilla para analizar la variabilidad de los rendimientos, lo que permite identificar si los datos están concentrados o dispersos respecto al promedio.

Partiendo del ejemplo anterior con los siguientes rendimientos (h-h/m<sup>2</sup>): 0.40, 0.45, 0.38, 0.42 y 0.44. con una media 0.418 horas-hombre por metro cuadrado, aplicando la ecuación 6 tenemos que:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0.4 - 0.148)^2 + (0.45 - 0.148)^2 + (0.38 - 0.148)^2 + (0.42 - 0.148)^2 + (0.44 - 0.148)^2}{5}}$$

$$\sigma = 0.0256 \text{ h} - \text{h/m}^2$$

Esto indica que los rendimientos varían en promedio  $\pm 0.026$  h-h/m<sup>2</sup> respecto al valor medio.

El coeficiente de variación (CV) es una medida relativa de dispersión que se calcula como el cociente entre la desviación estándar y la media, y se suele expresar como porcentaje. Permite comparar la variabilidad entre diferentes conjuntos de datos, incluso si tienen escalas distintas, siendo especialmente útil cuando se desea analizar la homogeneidad o heterogeneidad de los datos, véase la ecuación 7. (Casado, 2007)

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (7)$$

Donde:

- $CV$ : Coeficiente de variación, que expresa la dispersión relativa de los datos en proporción a la media.
- $\sigma$ : Desviación estándar de la muestra.
- $\bar{x}$ : Media aritmética de los datos.

Esta fórmula se aplicará en la plantilla para evaluar el grado de homogeneidad de los rendimientos registrados. A menor CV, mayor consistencia en el desempeño del equipo.

Continuando con los resultados anteriores, donde  $\bar{x} = 0.148 \text{ h} - \text{h/m}^2$  y  $\sigma = 0.0256 \text{ h} - \text{h/m}^2$ , el coeficiente de variación aplicando la ecuación 7 se tiene que:

$$CV = \frac{0.0256}{0.148} = 0.0612 \text{ o } 6.12\%$$

Esto indica que la variabilidad de los rendimientos equivale al 6.12 % de la media, lo cual se considera baja dispersión y, por tanto, un comportamiento productivo relativamente estable.

Cuando se trabaja con una muestra pequeña de observaciones (como sucede al medir el rendimiento diario de cuadrillas durante pocos días) la distribución normal no siempre es apropiada para estimar la media poblacional. En estos casos, es más adecuado utilizar la distribución t de Student, que permite calcular intervalos de confianza más realistas al incorporar la incertidumbre adicional asociada a tamaños muestrales reducidos. (OpenStax, 2016)

La t de Student es similar a la distribución normal, pero con colas más anchas, lo que significa que ofrece estimaciones más conservadoras. Esto es especialmente útil cuando el tamaño de muestra es menor a 30 y no se conoce la desviación estándar poblacional (Bluman, 2018). A medida que aumenta el número de observaciones, la forma de la distribución t converge hacia la normal.

Entre las fórmulas para aplicar la t de Student por medio de Microsoft Excel, mediante el cálculo manual del estadístico t y el valor p correspondiente se utilizan las siguientes:

- Media muestral: =AVERAGE(rango\_rendimientos)
- Desviación estándar: =STDEV.S(rango\_rendimientos)
- Tamaño de muestra (n): =COUNT(rango\_rendimientos)
- Error estándar: =STDEV.S(rango\_rendimientos)/SQRT(COUNT(rango\_rendimientos))
- Estadístico t:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{SE} \quad (8)$$

- Grados de libertad: =COUNT(rango\_rendimientos) - 1
- Valor p (bilateral): =2\*T.DIST.RT(ABS(t), df)

Este procedimiento sigue la metodología planteada por McClave y Sincich (2017), y las funciones corresponden a las recomendaciones de uso de Microsoft para el análisis estadístico en Excel.

# Capítulo 2: Metodología

El presente capítulo tiene como objetivo describir la metodología empleada en la investigación, aspectos como tipo de estudio, categorías, variables consideradas, técnicas e instrumentación, entre otras son las que a continuación se explayarán. Esta sección garantiza una posible replicabilidad de los procesos de medición de rendimientos en procesos constructivos y así como una posterior creación de base de datos con dichos rendimientos.

## 2.1. Tipo de investigación

El presente estudio adopta dos enfoques, un primer enfoque cualitativo, ya que busca comprender de forma profunda los factores que inciden en los rendimientos de la mano de obra en procesos constructivos específicos, como cielos suspendidos, pintura y divisiones livianas. Este tipo de enfoque no se centra en la cuantificación estadística, sino en interpretar fenómenos complejos dentro de su contexto, permitiendo explorar percepciones, experiencias y condiciones operativas directamente en obra (Flick, 2014). En construcción, el enfoque cualitativo es altamente útil para evaluar prácticas no estandarizadas y variables humanas que influyen en el desempeño productivo de los equipos de trabajo

El segundo enfoque es cuantitativo, ya que el eje principal de la investigación se basa en la medición de rendimientos reales de mano de obra a partir de datos numéricos recolectados directamente en campo. Este enfoque permite analizar de manera objetiva la eficiencia en actividades específicas mediante el uso de herramientas como estudios de tiempo, cálculo de promedios, desviaciones estándar y coeficientes de variación, que reflejan la variabilidad del desempeño bajo distintas condiciones operativas. La aplicación de técnicas estadísticas fortalece la validez de los resultados y posibilita la elaboración de una base de datos confiable, útil para la planificación, presupuestación y toma de decisiones dentro de la empresa. Según Hernández, Fernández y Baptista (2022), el enfoque cuantitativo se caracteriza por el uso sistemático de mediciones y análisis numérico, lo cual resulta idóneo para estudios aplicados como el presente.

En cuanto a su nivel, la investigación es descriptiva, dado que se orienta a caracterizar detalladamente el comportamiento actual de los rendimientos en determinadas actividades constructivas. Según Sampieri (2022), los estudios descriptivos permiten especificar las propiedades, perfiles o

configuraciones relevantes de fenómenos observables, lo cual es ideal cuando se busca sistematizar información que sirva como insumo para la toma de decisiones o mejora de procesos en campo.

Respecto a las fuentes de información, este trabajo combina investigación documental y trabajo de campo. La investigación documental se basa en la revisión de literatura técnica, normativa y estudios de productividad en construcción, lo que permite establecer un marco teórico sólido y actualizado (Ruiz Olabuénaga, 2012). Por su parte, la investigación de campo se implementa mediante observación directa, entrevistas y toma de datos in situ, sin manipular las variables, con el objetivo de obtener información real del comportamiento de cuadrillas y procesos tal como se presentan en condiciones naturales (Taylor, Bogdan, & DeVault, 2015).

Dado que la metodología contempla ambas estrategias, se clasifica como una investigación mixta en términos de fuentes, integrando información empírica y conceptual para una visión completa del fenómeno.

Finalmente, esta es una investigación aplicada, ya que se orienta a la resolución de problemas prácticos directamente relacionados con la eficiencia operativa en obra. Este tipo de enfoque tiene como finalidad generar conocimientos útiles que se traduzcan en soluciones concretas y contextualizadas. En el ámbito técnico, la investigación aplicada parte de teorías y métodos existentes para intervenir y mejorar sistemas reales, siendo evaluada en función de su impacto operativo más que por su contribución teórica. De acuerdo con Bernal (2010), este tipo de investigación busca influir directamente sobre procesos productivos o sociales, y su valor reside en su capacidad de resolver situaciones problemáticas en contextos reales. (Bernal, 2010).

## **2.2. Variables de la investigación**

En el presente estudio, la variable principal está constituida por el rendimiento de la mano de obra, entendido como la cantidad de trabajo ejecutado por una cuadrilla dentro de un intervalo de tiempo determinado, bajo condiciones específicas de operación. Esta variable permite evaluar la eficiencia con la que se utilizan los recursos humanos en la ejecución de actividades constructivas. Según Oglesby, Parker y Howell (1989), el rendimiento laboral puede definirse como el volumen de producción por unidad de tiempo-hombre, siendo un parámetro fundamental para estimar costos, tiempos y capacidades de producción en obra.

Asimismo, se consideran subvariables clave para su análisis, como las condiciones ambientales (temperatura y humedad), el horario de ejecución (mañana o tarde), y las unidades de medición aplicables al tipo de actividad (metros lineales, metros cuadrados o cúbicos), las cuales permiten contextualizar y comparar los resultados obtenidos entre distintos frentes de trabajo o proyectos.

## 2.3. Sujetos de información

Para abordar el primer objetivo de esta investigación, que consiste en elaborar un diagnóstico general sobre el estado actual de los rendimientos de mano de obra en la organización, se aplicará una estrategia cualitativa basada en entrevistas semiestructuradas. Estas se dirigirán a colaboradores que poseen conocimiento directo sobre los procesos constructivos y la gestión de rendimientos, en particular a profesionales del departamento de presupuestos y a ingenieros residentes encargados de la ejecución en campo. La selección de estos perfiles responde a su experiencia práctica y a su participación en la planificación y control de actividades donde los rendimientos laborales tienen un impacto significativo, véase la siguiente tabla 2.

Tabla 2. Sujetos de información.

Nombre	Área	Puesto	Experiencia	Técnica recolección de datos
Fernando Betancurt	Departamento de presupuesto	Coordinador de presupuestos	10 años	Entrevista
Marcela Amén	Departamento de ingeniería	Gerente general de proyecto	9 años	Entrevista
Victoria Sterling	Departamento de ingeniería	Ingeniera residente	3 años	Entrevista

## 2.4. Fuentes de información

Las fuentes de información pueden clasificarse en función de su nivel de originalidad y la forma en que se accede a sus contenidos. De acuerdo con Arias (2012), se distinguen tres categorías principales: fuentes primarias, que ofrecen información original directamente de la realidad o del autor (como entrevistas, encuestas o datos de campo); fuentes secundarias, que interpretan o analizan información proveniente de las primarias (por ejemplo, libros, artículos científicos y tesis); y fuentes terciarias, que organizan o compilan referencias de ambas anteriores (como bibliografías, catálogos o índices). Para el presente estudio, se ha optado por emplear exclusivamente fuentes primarias y secundarias, prescindiendo de las terciarias, ya que el objetivo es obtener datos directos del entorno laboral e interpretaciones académicas que sustenten el análisis. A continuación, se detallan los documentos y evidencias utilizados bajo cada categoría.

### **2.4.1. Fuentes primarias**

Las fuentes primarias de información son esenciales en todo proceso investigativo, ya que constituyen la evidencia directa y no mediada sobre el fenómeno que se estudia. Estas fuentes presentan la información de manera original, sin interpretaciones ajenas, lo que garantiza su autenticidad y relevancia científica. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2022), las fuentes primarias incluyen datos empíricos recolectados a través de técnicas como entrevistas, observación directa, encuestas o experimentación, así como documentos inéditos, actas, informes técnicos o publicaciones que difunden resultados por primera vez.

En el presente caso, las fuentes primarias son:

- Informes de proyectos pasados
- Programa de estimación de presupuesto
- Entrevista a ingenieros residentes, gerente general de proyecto, presupuestista y maestro de obras.

### **2.4.2. Fuentes secundarias**

Las fuentes secundarias se caracterizan por ofrecer información que ha sido interpretada, organizada o analizada a partir de documentos primarios. Estas fuentes incluyen obras como libros, artículos científicos, tesis académicas, bases de datos temáticas y publicaciones de revisión, que reúnen conocimientos previamente generados por otros autores. Según Sampieri et al. (2022), este tipo de fuentes resulta valioso para contextualizar el problema de investigación, identificar hallazgos anteriores y fundamentar teóricamente nuevas propuestas. No obstante, debido a que la información ha pasado por procesos de interpretación, existe la posibilidad de que se introduzcan sesgos o alteraciones con respecto a los hechos originales.

En el marco de este estudio, las fuentes secundarias se emplean principalmente durante la fase de elaboración de la guía para la estimación de rendimientos de mano de obra, ya que permiten identificar parámetros utilizados en investigaciones previas, analizar enfoques metodológicos aplicados por otros autores y considerar factores críticos detectados en estudios similares. A continuación, se muestran las fuentes utilizadas en la tabla 3.

**Tabla 3.** Fuentes de información secundarias

<b>Tipo de fuente</b>	<b>Fuente</b>	<b>Acceso</b>
Revista universitaria	Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción	PDF
	Análisis de rendimientos y productividad de mano de obra para la empresa La Puerta del Sol Equipo Constructor S.A	En línea: <a href="https://acortar.link/czqLAX">https://acortar.link/czqLAX</a>
Trabajo de graduación	Asistente técnico para el seguimiento de los rendimientos en acabados de construcción de la segunda etapa del proyecto residencial Luxo Resort condominio.	PDF
Programa universitario	Costos de construcción	PDF

## 2.5. Técnicas e instrumentos de recolección

Este apartado describe las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos en el marco del estudio sobre rendimientos de mano de obra en procesos constructivos. Se presentan los métodos seleccionados tales como las entrevistas semiestructuradas a personal técnico de la empresa, la observación directa mediante herramientas de medición de rendimientos en obra, y la revisión bibliográfica

### 2.5.1. Entrevista

Las entrevistas constituyen una técnica fundamental para la recolección de datos cualitativos, ya que permiten obtener información detallada directamente desde las experiencias, percepciones y conocimientos de los participantes. En el contexto de esta investigación, se han seleccionado entrevistas semiestructuradas por su capacidad para combinar una estructura base con la flexibilidad necesaria para profundizar en temas emergentes durante la conversación. De acuerdo con Taylor, Bogdan y DeVault (2015), este tipo de instrumento es especialmente útil para construir un diagnóstico comprensivo, ya que facilita la exploración de aspectos técnicos, organizativos y humanos vinculados al rendimiento de la mano de obra. Las entrevistas fueron dirigidas a informantes clave de la empresa, como ingenieros residentes y personal del área de presupuestos, quienes poseen experiencia directa en los procesos constructivos objeto de análisis. Véase el apéndice 1.

## **2.6. Revisión bibliográfica**

La revisión bibliográfica desempeña un papel fundamental en esta investigación, ya que permite recopilar y analizar antecedentes relevantes sobre metodologías y resultados relacionados con el rendimiento de mano de obra. A través del acceso a fuentes especializadas, tanto académicas como internas de la empresa, se logra contextualizar el estudio y fortalecer el diseño de la guía propuesta. Según Hart (1998), este tipo de revisión facilita la comprensión del estado del conocimiento y orienta el desarrollo de soluciones fundamentadas.

### **2.6.1. Herramientas de medición de rendimiento de mano de obra**

Para el levantamiento de información en campo, se desarrollará una herramienta específica orientada a la medición directa del rendimiento de mano de obra en actividades constructivas. Esta herramienta se diseñará con base en criterios técnicos estandarizados y buenas prácticas documentadas en literatura especializada, permitiendo registrar de forma estructurada las variables necesarias para calcular el rendimiento en unidades de horas-hombre por unidad de trabajo ejecutado.

La plantilla incluirá secciones clave como: identificación del proyecto, descripción de la actividad, composición de la cuadrilla, tiempo de inicio y finalización, cantidad ejecutada, condiciones ambientales (temperatura y hora), y observaciones adicionales que puedan afectar la productividad. Los datos recolectados con esta herramienta permitirán aplicar fórmulas previamente definidas para estimar el rendimiento real, y a su vez, compararlo con los valores teóricos o históricos utilizados por la empresa.

Por último, esta herramienta será capaz de recopilar los rendimientos según las mediciones en campo, teniendo así una herramienta de medición y la base de datos.

# Capítulo 3: Resultados y análisis

En este capítulo se expone el análisis detallado de los resultados obtenidos a lo largo de la investigación, los cuales fundamentan y respaldan los entregables desarrollados como parte del proyecto.

## 3.1. Situación actual de la empresa

La evaluación del estado actual en cuanto al manejo de rendimientos de mano de obra en la empresa Edica, particularmente en el departamento Scala, se desarrolló mediante entrevistas a tres profesionales con experiencia directa en la gestión de proyectos: la ingeniera Marcela Amén Muñoz, gerente general, la ingeniera Victoria Sterling Campos, ingeniera residente y el ingeniero Fernando Betancourt Román, jefe del departamento de presupuestos. Estas entrevistas permitieron identificar prácticas comunes, limitaciones operativas y oportunidades de mejora, con el objetivo de fundamentar la necesidad de una base de datos estructurada que respalde las estimaciones de duración y costo en proyectos constructivos.

Los entrevistados coincidieron en que actualmente los rendimientos de mano de obra se determinan principalmente a partir de la experiencia adquirida en proyectos anteriores, con apoyo de bases de datos internas no estandarizadas. En palabras del ingeniero Betancourt, "los rendimientos dependen del tipo de material, su ubicación y condiciones logísticas, y se ajustan con base en reuniones entre presupuestista y gerentes una vez concluido un proyecto". Sin embargo, no existe un sistema centralizado o una metodología sistemática de actualización, y mucho del conocimiento se transmite de forma informal o mediante sesiones de lecciones aprendidas.

Por otro lado, se identificó que los proyectos gestionados por Edica varían considerablemente en escala, complejidad y ubicación, lo cual impacta directamente el rendimiento esperado. Por ejemplo, la ingeniera Victoria y la ingeniera Marcela señalaron que en zonas como Guanacaste, los costos y tiempos aumentan debido a la necesidad de atraer mano de obra desde el GAM, además la ingeniera Marcela destacó que en proyectos de corta duración, como remodelaciones internas o edificaciones para industria médica, las condiciones climáticas extremas reducen el rendimiento del personal en sitio.

En términos de planificación, los tres entrevistados indicaron que las desviaciones entre lo presupuestado y lo ejecutado son más frecuentes en las primeras etapas del proyecto, principalmente debido a inconsistencias entre planos iniciales a planos "as built" (la realidad en obra), así como a cambios de alcance no previstos. En proyectos de remodelación, esto se agrava por la complejidad de trabajar en estructuras

existentes. A nivel operativo, el ingeniero Betancourt remarcó que la falta de comunicación clara desde el inicio genera ajustes durante la ejecución que pueden alterar significativamente el cronograma y los costos.

Respecto a la consideración de factores externos como clima, altitud y condiciones de trabajo, los tres entrevistados coincidieron en que estos aspectos afectan el rendimiento de forma significativa, pero no siempre se integran formalmente en la estimación inicial. El ingeniero Betancourt detalló que el rendimiento puede reducirse hasta en un 70% en condiciones extremas, y que se deben incluir factores de corrección según la jornada (diurna o nocturna), condiciones térmicas o altitud.

Finalmente, se evidenció una necesidad común de estructurar y sistematizar los datos de rendimiento para facilitar su consulta y uso por parte de nuevos integrantes del equipo. Actualmente, los presupuestistas con experiencia logran identificar desviaciones en costos con base en criterios subjetivos, pero reconocen que esta metodología resulta poco práctica y replicable. Por lo tanto, la implementación de una base de datos confiable y actualizada representa una oportunidad para estandarizar procesos, mejorar la planificación y optimizar los recursos disponibles en los proyectos futuros.

Este diagnóstico confirma que, a pesar de contar con experiencia técnica y mecanismos de control parciales, la empresa carece de herramientas formales y sistemáticas para estimar rendimientos de mano de obra de manera precisa y replicable. La creación de una base de datos permitirá reducir la dependencia de la experiencia individual, integrar variables contextuales y brindar soporte técnico en la toma de decisiones. Esta conclusión refuerza la importancia y pertinencia del objetivo general de este trabajo final de graduación.

## **3.2. Herramienta de la medición de rendimientos de mano de obra**

En el presente apartado se mostrará el desarrollo de la herramienta la cual por medio de ella se harán las mediciones de los rendimientos de los procesos constructivos de la empresa Edica, departamento de Scala. Para entender el uso de la herramienta, los fundamentos de medición de rendimientos se deben de conocer con antelación.

### **3.2.1. Procesos constructivos**

Uno de los pasos fundamentales para estimar el rendimiento de la mano de obra es identificar de forma precisa el proceso constructivo a evaluar. En el contexto del presente proyecto, los procesos seleccionados corresponden a actividades típicas de acabados arquitectónicos ejecutadas por el departamento Scala de la empresa Edica, las cuales tienen alta recurrencia e impacto en la duración de los proyectos.

A diferencia de actividades estructurales o de obra gris, los procesos de acabados suelen presentar mayor variabilidad en sus rendimientos debido a factores como la precisión requerida, interferencias entre cuadrillas, condiciones del espacio y acabados finales esperados por el cliente. Por ello, resulta indispensable descomponer cada proceso en subactividades claras y medibles, lo cual facilita la toma de datos en campo y permite comparar los rendimientos de forma homogénea.

### **3.2.2. Cuadrilla de trabajo**

En el estudio de rendimientos de mano de obra, resulta esencial definir la composición de la cuadrilla que ejecuta cada proceso constructivo. Esta definición debe detallar el número de integrantes por tipo de rol, usualmente diferenciando entre operarios especializados, ayudantes y peones, según la complejidad de la actividad y el tipo de acabado requerido.

Una cuadrilla sobredimensionada o mal distribuida no solo genera sobrecostos, sino que puede generar interferencias entre tareas, ralentizando el avance. Por el contrario, una cuadrilla insuficiente puede afectar la calidad del trabajo o extender innecesariamente la duración de la actividad. Asimismo, factores como la experiencia, familiaridad con el tipo de proyecto y la supervisión disponible influyen significativamente en el rendimiento alcanzado.

### **3.2.3. Recolección de datos**

La observación directa en obra es el método más preciso y confiable para obtener datos reales sobre los rendimientos de mano de obra. Esta técnica permite registrar el tiempo efectivo que requiere una cuadrilla para completar una cantidad determinada de trabajo en condiciones reales de operación. En el caso del departamento Scala de la empresa Edica, esta recolección de datos se centró en actividades de acabados como divisiones livianas, empaste, pintura y cielos, en las que los tiempos de ejecución pueden variar significativamente según las condiciones del entorno y la experiencia del personal.

Según Mejía y Triny (2007), el evaluador debe minimizar su influencia sobre la cuadrilla para evitar alteraciones en el rendimiento observado, ya que la presión por supervisión puede distorsionar los resultados si no se maneja adecuadamente.

Adicionalmente, se evaluó la posibilidad de utilizar datos históricos de proyectos anteriores ejecutados por Edica. Sin embargo, se comprobó que muchos de estos registros no fueron documentados con suficiente detalle para estimar rendimientos confiables. Esta situación es común en empresas constructoras, donde los presupuestos suelen centrarse en costos globales y no siempre desglosan tiempos ni cantidades ejecutadas por actividad (Botero, 2002).

### **3.2.4. Condiciones laborales**

En el análisis de los rendimientos de mano de obra, las condiciones de trabajo constituyen un factor determinante que puede afectar significativamente los resultados observados. En el contexto de los procesos de acabados ejecutados por el departamento Scala de la empresa Edica, estas condiciones varían constantemente y deben ser registradas para interpretar correctamente los datos de campo.

Entre los factores ambientales más relevantes se encuentran la temperatura, la humedad, la exposición al sol o lluvia y la ventilación de los espacios cerrados. Estas variables inciden directamente en la comodidad térmica del personal y en su capacidad para sostener un ritmo de trabajo eficiente. De hecho, según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el calor excesivo puede reducir la productividad hasta en un 20% en labores de intensidad media o alta cuando se supera un umbral térmico de 32 °C (OIT, 2019).

Además, los factores técnicos propios de la actividad también impactan el rendimiento. Procesos de mayor complejidad constructiva, con tolerancias estrictas o alta carga de precisión, tienden a requerir más tiempo y personal calificado. Tal es el caso de la instalación de mobiliario fijo o acabados arquitectónicos que deben cumplir con especificaciones estéticas de alto nivel, donde pequeñas variaciones pueden llevar a retrabajos o ajustes que disminuyen el rendimiento esperado.

Por otro lado, es necesario considerar la estructura de la jornada laboral. El rendimiento puede variar entre turnos diurnos y nocturnos, así como entre fases iniciales y finales del día debido al cansancio acumulado. También deben contemplarse los periodos destinados a alimentación, hidratación, desplazamientos dentro de la obra y otras interrupciones operativas. Según Botero (2002), estos tiempos no productivos deben ser integrados al cálculo del rendimiento real mediante un factor de corrección, ya que reflejan la dinámica natural del trabajo en obra. En el caso de Scala, se toma de ejemplo el bajo rendimiento que en un proyecto pasado tuvo, ya que el acceso al proyecto era difícil, haciendo que los trabajadores antes de siquiera empezar a trabajar ya tenían que recorrer una distancia considerable para llegar a este, así como para salir de este, eliminando tiempo esencial de trabajo.

### **3.2.5. Cálculo de rendimiento mano de obra**

Para construir una base de datos efectiva que respalde la planificación y presupuestación, es necesario entender dos conceptos clave:

1. Consumo de mano de obra: es la cantidad de horas-hombre requeridas para ejecutar una unidad de obra, expresado en unidades como h-h/m<sup>2</sup>, h-h/ml o h-h/unidad, lo cual es fundamental para estimar el tiempo total de trabajo y el costo asociado a una actividad (Botero, 2002). El cual se calcula mediante la ecuación 9.

$$\text{Consumo de mano de obra real [hh/um]} = \frac{\#O \cdot (t) + \#A \cdot (t) + \#P \cdot (t)}{\# \text{ de trabajadores}} \cdot (1 + fi) \quad (9)$$

2. Rendimiento de mano de obra: representa la cantidad de obra que puede ejecutar una persona en una hora, y es el inverso del consumo, véase la ecuación 10.

$$\text{Rendimiento de mano de obra real [um/hh]} = \left( \frac{1}{\text{consumo mano de obra real}} \right) \quad (10)$$

Se reitera que aunque en términos estrictos la expresión de h-h/m<sup>2</sup> o h-h/u corresponde al consumo de mano de obra, en este informe se empleará el término “rendimiento de mano de obra” para mantener coherencia con la práctica usual en la empresa y en la literatura consultada.

### 3.2.6. Validación

Para garantizar la confiabilidad y aplicabilidad de los rendimientos obtenidos, es fundamental complementar la recolección de datos con análisis adicionales y pruebas piloto. Aunque una medición puntual puede ofrecer una aproximación del rendimiento, la repetición del proceso en distintos contextos permite identificar patrones, variaciones sistemáticas y factores de ajuste específicos.

Se recomienda realizar múltiples mediciones para una misma actividad, idealmente en distintos proyectos, bajo condiciones ambientales, logísticas y de cuadrilla variables. Según Ramírez y Vásquez (2013), esta estrategia posibilita la detección de valores atípicos y tendencia central, además de mejorar la representatividad de los resultados para futuras estimaciones. Asimismo, modificar la composición de la cuadrilla (cantidad de operarios, ayudantes o nivel de experiencia) permite cuantificar su impacto en los resultados y afinar la planificación de recursos humanos.

Otro enfoque útil consiste en comparar rendimientos de una misma actividad ejecutada en proyectos diferentes, lo que proporciona evidencia sobre cómo las condiciones específicas del sitio influyen en la productividad. Esta práctica también permite construir rangos de rendimiento esperados, útiles para presupuestar con márgenes realistas y definir alertas ante desviaciones operativas.

### 3.2.7. Estimación final

Una vez realizada la recopilación, análisis y validación de datos, es fundamental presentar los rendimientos de mano de obra acompañados de una descripción detallada del contexto operativo en el que fueron obtenidos. La sola cifra numérica del rendimiento puede resultar ambigua si no se considera la complejidad del proceso constructivo, las condiciones laborales y los factores externos presentes durante su ejecución.

Por ello, se recomienda documentar para cada actividad los siguientes elementos:

- Descripción técnica del proceso constructivo observado

- Tamaño y composición de la cuadrilla
- Duración efectiva de trabajo (excluyendo pausas, desplazamientos, etc.)
- Condiciones climáticas y logísticas del entorno (como temperatura, jornada, accesibilidad al sitio)
- Ubicación y características específicas del proyecto

Esta información contextual permite que los rendimientos reportados sean correctamente interpretados, comparados y replicados en condiciones similares, fortaleciendo así la utilidad de la base de datos.

Tal como recomiendan autores como Ramírez y Vásquez (2013), una base de datos de rendimientos efectiva debe ser más que una colección de cifras: debe reflejar la realidad operativa de los proyectos. Solo así podrá servir como herramienta sólida para la estimación de costos, la planificación y el control de obra.

### **3.2.8. Medición en sitio**

La correcta estimación del rendimiento de mano de obra en actividades constructivas requiere una estrategia de medición adaptada a la naturaleza de cada proceso. No todas las actividades permiten una medición continua o precisa durante su ejecución, por lo que es necesario establecer criterios eficientes y prácticos para la recolección de datos en campo.

En actividades de alta repetitividad y unidades fácilmente cuantificables, como la colocación de adoquines, bloques o piezas cerámicas, se puede optar por mediciones directas y frecuentes, contabilizando la cantidad de unidades colocadas en un periodo determinado. Este enfoque proporciona datos detallados y permite identificar variaciones en el rendimiento a lo largo de la jornada.

Sin embargo, en actividades de menor continuidad o con resultados más difusos, como la pintura de muros o el repello de paredes, realizar mediciones en intervalos muy cortos puede resultar poco eficiente y entorpecer la dinámica de trabajo. En estos casos, una alternativa válida es definir unidades estándar de producción, como 5 m<sup>2</sup>, 10 m<sup>2</sup> o 10 m<sup>3</sup>, y registrar el tiempo necesario para completarlas. Esta metodología permite obtener información representativa del rendimiento sin interrumpir constantemente al personal.

Para obtener estimaciones representativas y precisas del rendimiento de la mano de obra en actividades constructivas, es fundamental realizar mediciones a lo largo de periodos prolongados, preferiblemente durante una jornada completa de trabajo. Esto es particularmente relevante en tareas que se desarrollan durante varios días, donde la productividad puede verse afectada por múltiples variables operativas y humanas.

Un estudio en Australia sobre proyectos de construcción halló que la fatiga acumulada durante la jornada reduce notablemente la productividad, y detectó una correlación directa entre niveles crecientes de fatiga y disminución del rendimiento laboral (O'Neill, 2013). Medir solo en momentos aislados puede dar una imagen incompleta o sesgada de la productividad real.

Por esta razón, se recomienda aplicar una estrategia de medición continua durante jornadas completas o, cuando no sea viable, mediciones acumuladas en momentos clave: inicio, mitad y final de la jornada. Esto permite promediar las fluctuaciones del rendimiento y capturar mejor el nivel real de desempeño, ofreciendo una base más estable para la planificación y presupuestación.

Además, dado que los proyectos de construcción son altamente dinámicos, no siempre es posible ejecutar mediciones perfectas en tiempo real. En estos casos, es válido recurrir a mediciones acumulativas parciales, por ejemplo, registrando el avance al inicio, a medio día y al final de la jornada, siempre que se mantenga un registro riguroso del contexto y condiciones de trabajo. Con base en esta metodología, y como parte de este trabajo final de graduación, se diseñó una herramienta práctica en Microsoft Excel para el registro y cálculo de los rendimientos de mano de obra. Se optó por Excel debido a su accesibilidad, flexibilidad y facilidad de uso por parte del personal técnico. La herramienta se estructura en forma de tabla editable, lo que permite ingresar datos de manera uniforme, rápida y adaptable, contribuyendo así a la sistematización de la información y a la mejora continua dentro de la empresa. Esta herramienta se presenta a continuación en la tabla 4.

**Tabla 4.** Plantilla de medición rendimiento de mano de obra.

Nombre del proyecto						
Nombre del proceso						
Fecha		Tiempo transcurrido en actividades alternas (h)			fi	
Cantidad de operarios		Desayuno				
Cantidad de ayudantes		Baño				
Cantidad de peones		Café				
Unidad de medición		Almuerzo				
Hora de inicio		Otro				
Hora de finalización		Jornada laboral				
N° de medición	Temperatura (C°)	Hora	Tiempo transcurrido (hh:mm)	Cantidad ( )	Consumo real (h-h/unidad)	Rendimiento real (unidad/h-h)
0				-	-	-
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Comentarios			Tiempo total (h)	Cantidad total de ( )	Promedio	
			Desviación estándar			
			Coeficiente de variación (%)			

**Nota:** elaboración propia.

### 3.2.9. ¿Cómo usar la plantilla?

A continuación, en la presente sección se hará una explicación de cómo usar la plantilla y el significado de sus elementos.

Primeramente, la plantilla se define en tres zonas diferenciadas por color, véase tabla 5 en donde se define el significado de cada uno.



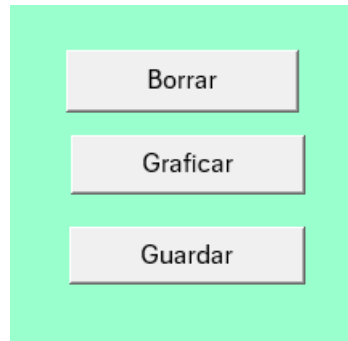
2. Se debe de seleccionar la unidad de medición del proceso constructivo ( $m^2$ , unidades, etc.) por medio de la lista plegable de la plantilla, las cuales son las más representativas en el ámbito de la construcción. La hora de inicio y finalización de la jornada laboral se colocan automáticas ya que la hora de la primera medición se toma como la hora inicio y la hora de la última medición se toma como hora de finalización.
3. Registrar las pausas y actividades alternas: En el bloque superior derecho, anotar el tiempo (en horas) dedicado a actividades no productivas como desayuno, café, almuerzo, uso de servicios sanitarios u otros. Este dato permitirá calcular el factor de incremento mediante la ecuación 2.
4. Registrar las condiciones de medición: Para cada punto de muestreo se debe indicar el número de medición, temperatura. Estos datos ayudan a correlacionar el rendimiento con condiciones ambientales y horarios.
5. La recolección de datos para cada medición se realiza de manera secuencial, registrando la información en filas individuales. En la fila correspondiente a la "lectura 0" se anota la hora de inicio, mientras que en las lecturas sucesivas se incorpora también la cantidad de unidades ejecutadas, según lo previamente establecido. El tiempo transcurrido entre mediciones se calcula restando las marcas de tiempo registradas, lo cual permite agilizar el proceso sin necesidad de utilizar cronómetros manuales. Este procedimiento facilita una medición continua y no intrusiva.
6. Una vez completadas todas las mediciones del paso 5, la herramienta realiza automáticamente el cálculo del consumo de mano de obra (expresado en horas-hombre por unidad) mediante el uso de la ecuación 9 y el rendimiento real (unidades ejecutadas por hora-hombre) mediante el uso de la ecuación 10. Estos resultados se generan a partir de las cantidades registradas y los tiempos netos efectivos de trabajo.
7. En la parte final de la tabla se incluye una sección destinada a observaciones cualitativas, la cual permite registrar aspectos contextuales relevantes identificados durante la medición. Entre estos se pueden anotar condiciones climáticas (como cielos despejados o nubosos), características del equipo de trabajo (experiencia, edad, supervisión directa), o condiciones particulares del entorno de ejecución (acceso restringido, interferencias operativas, etc.). Esta información complementaria resulta clave para la correcta interpretación de los datos cuantitativos. Además, esta sección incluye el cálculo automático de los valores promedio de consumo y rendimiento real de mano de obra, así como la desviación estándar y el coeficiente de variación, los cuales se calculan mediante las ecuaciones 5, 6 y 7 respectivamente. Estos indicadores permiten evaluar la consistencia de las mediciones y detectar posibles variaciones significativas en la productividad.

**Tabla 7.** Secuencia cronológica de pasos.

1	Nombre del proyecto		Nombre del proyecto				
	Nombre del proceso		Nombre del proceso				
2	Fecha		Tiempo transcurrido en actividades alternas (h)		fi		
	Cantidad de operarios		Desayuno		3		
	Cantidad de ayudantes		Baño				
	Cantidad de peones		Café				
	Unidad de medición		Almuerzo				
	Hora de inicio		00:00:00				
	Hora de finalización		00:00:00				
		Jornada laboral					
4	N° de medición	Temperatura (C°)	Hora	Tiempo transcurrido (hh:mm)	Cantidad (°)	Consumo real (h-h/unidad)	Rendimiento real (unidad/h-h)
	0		5	00:00:00	-	6	-
	1			00:00:00			
	2			00:00:00			
	3			00:00:00			
	4			00:00:00			
	5			00:00:00			
	6			00:00:00			
	7			00:00:00			
	8			00:00:00			
	9			00:00:00			
10			00:00:00				
7	Comentarios		Tiempo total (h)		Cantidad total de (°)	Promedio	
			0,00			0	Desviación estándar
					Coeficiente de variación (%)		

Seguidamente, la plantilla presenta tres botones al costado derecho de la tabla, véase la figura 3.

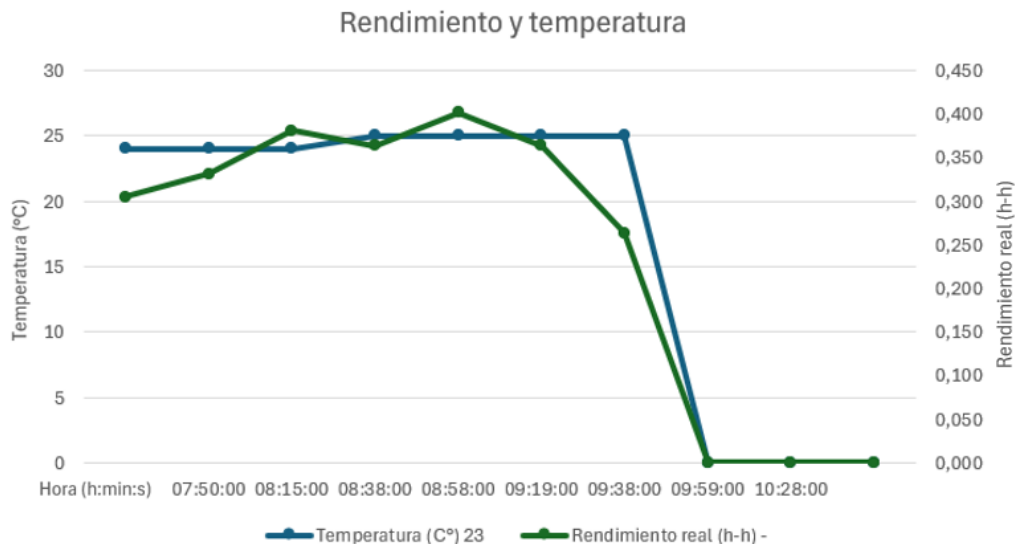
**Figura 3.** Botones de la plantilla.



**Nota:** elaboración propia.

El primer botón “Borrar”, permite que se borren los datos ingresados en la plantilla, permitiendo así volver a colocar los datos o bien hacer una nueva medición de rendimientos, optimizando el tiempo. El segundo botón “Graficar”, genera una figura mostrando el comportamiento del rendimiento real de mano de obra junto con la temperatura ambiente y la hora en que las mediciones fueron tomadas. Véase la figura 4 para ejemplificar cómo se recopila la información antes dicha en un gráfico. En el “eje x” tenemos la hora en que se tomó la medición (hh:min:s), en el “eje y” izquierdo es la temperatura (°C), y en el “eje y” derecho es el rendimiento de dicha medición (horas-hombre).

**Figura 4.** Gráfico de rendimiento versus temperatura



Por último, el botón “Guardar”, permite recopilar de manera organizada la información de la medición del rendimiento de mano de obra en una tabla en una hoja de Excel ya previamente definida. Esto con el objetivo de obtener el historial de las mediciones de los rendimientos, facilitando el análisis de los datos y compilado de información, ya que es una compilación progresiva del registro de los rendimientos.

Con el fin de complementar la comprensión del funcionamiento de la herramienta, en la figura 5 se muestra la vista de la hoja en la que se almacena la información recolectada. Esta hoja es la base central de la plantilla, ya que a partir de ella los usuarios de la empresa podrán consultar, filtrar y organizar los datos de rendimientos según sus requerimientos.

**Figura 5.** Hoja de la recopilación de rendimientos

Tabla de rendimientos											
	Proceso constructivo	Fecha	Nombre del proyecto	Operario	Ayudante	Peón	Unidad de medición	Tiempo total (h)	Cantidad total de	Consumo real (h-h)	Rendimiento real (h-h)
46											
47											
48											
49											
50											
51											

### 3.3. Uso de la herramienta para medición de rendimientos de mano de obra en acabados

En la presente sección, se muestran los resultados obtenidos a través de la plantilla de medición de rendimientos en el proyecto de Progress Software de la empresa EDICA departamento de Scala. El proyecto se ubica en Belén de Heredia, dentro de Cafetal Dos de Belén.

#### 3.3.1. Colocación de enchape

Se muestra a continuación en la tabla 8 la primera medición para la estimación de rendimiento de mano de obra en el proceso de enchape. El enchape en cuestión es un Costa Nova, color terra, del proveedor Mosagres y cuenta con una dimensión 5x20cm y un espesor de 5mm. En el anexo 1 se muestra la ficha técnica del enchape. En la figura 6 se puede ver el enchape colocado y el aposento en donde se colocó.

**Figura 6.** Enchape Costa Nova



La medición se realiza en horas de la mañana y se obtiene un rendimiento de mano de obra de 11.354 unidad/h-h con un coeficiente de variación de 6.45%.

**Tabla 8.** Medición de rendimiento de colocación de enchape paredes interiores tamaño 5x20 cm.

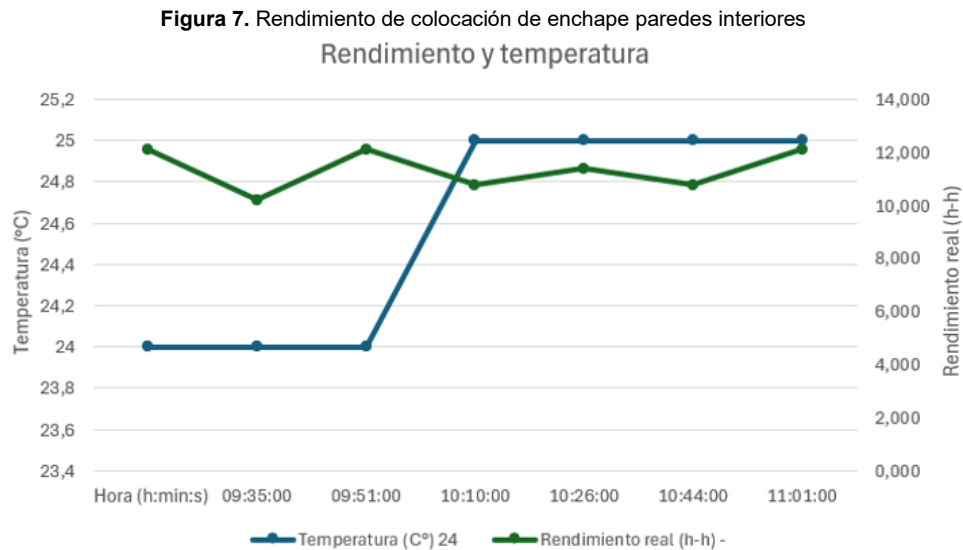
Nombre del proyecto		Progress Software						
Nombre del proceso		Enchape Paredes interiores						
Fecha		13/6/2025	Tiempo transcurrido en actividades alternas (h)		fi			
Cantidad de operarios	2	Desayuno		0,3	0,135			
Cantidad de ayudantes	0	Baño		0,25				
Cantidad de peones	0	Café		0,15				
Unidad de medición	unidad	Almuerzo		0,3				
Hora de inicio	09:35:00	Otro		0,25				
Hora de finalización	11:35:00	Jornada laboral		10,5				
N° de medición	Temperatura (C°)	Hora	Tiempo transcurrido (hh:mm)	Cantidad (unidad)		Consumo real (h-h/unidad)	Rendimiento real (unidad/h-h)	
0	24	09:35:00	00:00:00	-	-	-		
1	24	09:51:00	00:16:00	11	0,055	18,170		
2	24	10:10:00	00:19:00	11	0,065	15,301		
3	24	10:26:00	00:16:00	11	0,055	18,170		
4	25	10:44:00	00:18:00	11	0,062	16,151		
5	25	11:01:00	00:17:00	11	0,058	17,101		
6	25	11:19:00	00:18:00	11	0,062	16,151		
7	25	11:35:00	00:16:00	11	0,055	18,170		
8			00:00:00		0	0		
9			00:00:00					
10			00:00:00					
Comentarios	Se realiza en horas de la mañana, la supervisión es ocasional. Tamaño de enchape: 5x20cm, colocación vertical, área a enchapar: 5,13 m <sup>2</sup>		Tiempo total (h)	Cantidad total de (unidad)	Promedio			
			2,00	77	0,059	17,030		
							Desviación estándar	
							0,0039	1,098
							Coeficiente de variación (%)	
				6,56	6,45			

El promedio del consumo real fue de 0,059 h-h/unidad, mientras que el rendimiento promedio fue de 17,03 unidades por hora-hombre, lo que indica una alta productividad bajo las condiciones observadas.

La desviación estándar, que mide qué tanto se alejan los valores respecto al promedio, fue de 0,0039 h-h/unidad para el consumo y 1,098 unidades/h-h para el rendimiento. Estos valores indican que los datos están relativamente concentrados en torno al promedio.

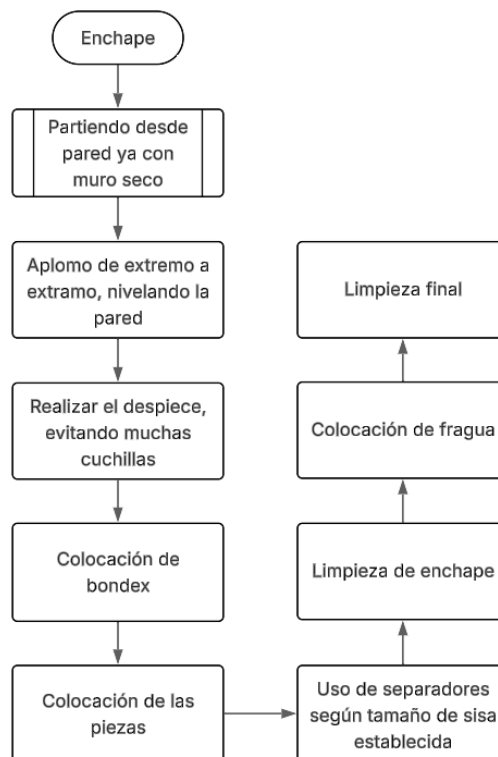
Finalmente, el coeficiente de variación (CV) fue de 6,56 % para el consumo real y 6,45 % para el rendimiento, lo cual refleja una baja variabilidad entre las mediciones realizadas. Según criterios estadísticos, un CV menor al 10 % suele considerarse aceptable para procesos repetitivos en obra, lo que sugiere que los rendimientos observados en esta actividad fueron estables y consistentes.

En la figura 7 se presenta un gráfico en donde se puede observar cómo el rendimiento varía así como la temperatura. Si bien, al ser una actividad dentro del edificio, no hay cambios significativos de temperatura y el rendimiento es consistente.



Por último, se muestra el proceso de enchapado seguido en el proyecto, véase la figura 8.

**Figura 8. Proceso colocación de enchape paredes interiores**



Del proceso de enchapado con la pieza Costa Nova color terra, se realizaron un total de seis mediciones independientes. Estos datos se integraron en la base de datos incorporada en la herramienta,

cuya función principal es almacenar múltiples registros de rendimiento bajo condiciones reales de obra. Este enfoque permite ampliar la muestra disponible y, con ello, mejorar la representatividad estadística de los resultados. Para efectos de análisis, los datos consolidados de estas mediciones pueden consultarse en la tabla 13.

El uso de múltiples mediciones es clave para reflejar la variabilidad operativa propia del entorno constructivo, ya que factores como la supervisión, disponibilidad de materiales, rotación del personal o condiciones ambientales pueden alterar significativamente los tiempos de ejecución. Contar con una base de datos nutrida permite reducir el sesgo asociado a eventos puntuales y obtener promedios más estables, además de facilitar la identificación de patrones o desviaciones en el desempeño de las cuadrillas.

### 3.3.2. Fraguado de enchape cerámico esmaltado

Se muestra a continuación en la tabla 9 la medición para la estimación de rendimiento de mano de obra en el proceso de fraguado, para sisas de 2mm, se indica que la fragua utilizada es la convencional y no la epóxica, si bien es una zona de cafetería de oficinas, no es una cocina de restaurante, por ende, el tipo convencional es el indicado. La fragua colocada es la Permacolor Sel Kit Color Para Base 5.6 kg color Saltillo del proveedor Laticrete de Costa Rica S.A. Es importante señalar el tipo de fragua, ya que la epóxica es más difícil de colocar, limpiar y manejar, en la figura 9 se puede observar el color de fragua y en el anexo 2 su ficha técnica.

**Figura 9.** Muestra de fragua sin arena



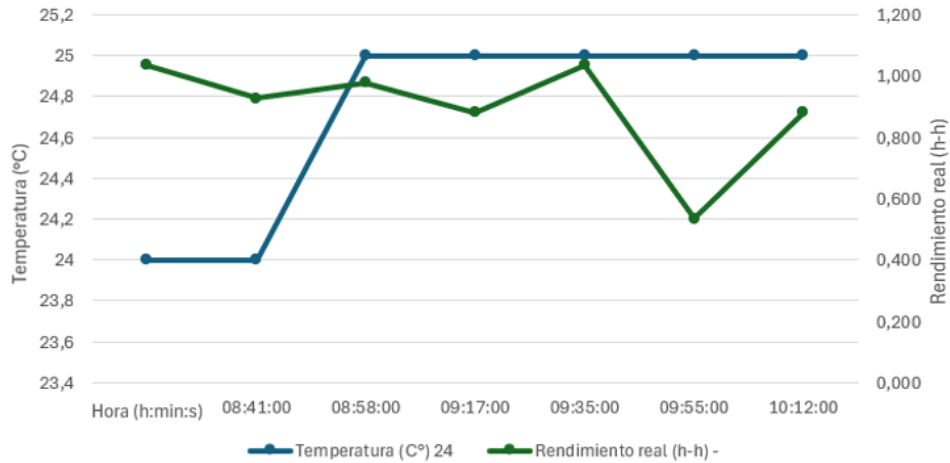
La medición se realiza en horas de la mañana y se obtiene un rendimiento de mano de obra de 2,689 m<sup>2</sup>/h-h con un coeficiente de variación de 17.83%.

**Tabla 9.** Medición de rendimiento de mano de obra de fraguado paredes interiores.

Nombre del proyecto						Progress Software
Nombre del proceso						Fraguado Paredes interiores
Fecha	18/6/2025		Tiempo transcurrido en actividades alternas (h)		fi	
Cantidad de operarios	1	Desayuno		0,3	0,135	
Cantidad de ayudantes	0	Baño		0,25		
Cantidad de peones	0	Café		0,15		
Unidad de medición	m2	Almuerzo		0,3		
Hora de inicio	08:41:00	Otro		0,25		
Hora de finalización	11:05:00	Jornada laboral		10,5		
N° de medición	Temperatura (C°)	Hora	Tiempo transcurrido (hh:mm)	Cantidad (m2)	Consumo real (h-h/m <sup>2</sup> )	Rendimiento real (m <sup>2</sup> /h-h)
0	24	08:41:00	00:00:00	-	-	-
1	24	08:58:00	00:17:00	1	0,322	3,109
2	24	09:17:00	00:19:00	1	0,359	2,782
3	25	09:35:00	00:18:00	1	0,341	2,937
4	25	09:55:00	00:20:00	1	0,378	2,643
5	25	10:12:00	00:17:00	1	0,322	3,109
6	25	10:45:00	00:33:00	1	0,624	1,602
7	25	11:05:00	00:20:00	1	0,378	2,643
8			00:00:00		0	0
9			00:00:00			
10			00:00:00			
Comentarios	Fragua convencional sin arena fue la utilizada. El dato más atípico es porque limpiaron donde ya había fraguado antes de continuar con el resto. Supervisión ocasional. Área por fraguar: 30m <sup>2</sup>		Tiempo total (h)	Cantidad total de (m2)	Promedio	
					0,389	2,689
			Desviación estándar			
			0,099	0,48		
			Coeficiente de variación (%)			
25,31	17,83					
		2,40	7			

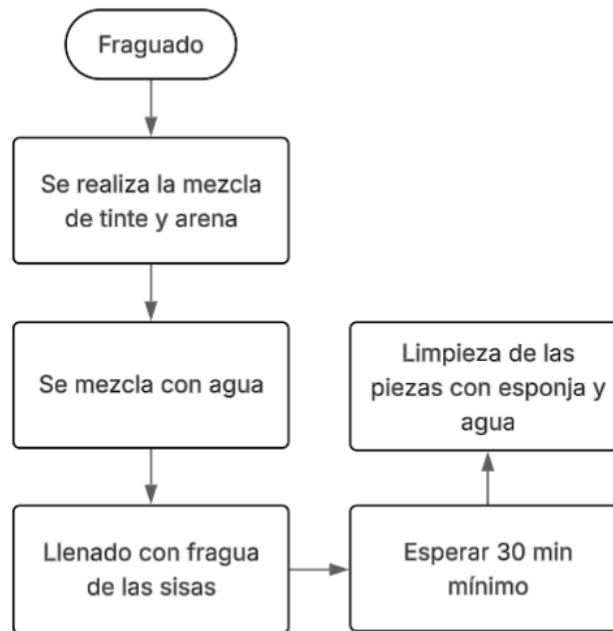
En la figura 10 se presenta un gráfico en donde se puede observar cómo el rendimiento varía así como la temperatura. Si bien, al ser una actividad dentro del edificio, no hay cambios significativos de temperatura y el rendimiento es consistente.

**Figura 10.** Rendimiento de fraguado paredes interiores  
Rendimiento y temperatura



Por último, se muestra el proceso de fraguado seguido en el proyecto, véase la figura 11.

**Figura 11.** Proceso de fraguado paredes interiores



Se realizaron 5 mediciones en total del proceso de fraguado, estas mediciones se presentan en la tabla 13, esto debido a que no eran tantas paredes que iban enchapadas, por ende, en el mismo proyecto no se pudieron realizar más mediciones de este proceso.

### 3.3.3. Pintura en paredes livianas

Se muestra a continuación en la tabla 10 la medición para la estimación de rendimiento de mano de obra en el proceso de pintura. La pintura utilizada es del proveedor Sherwin Williams, el Látex Acrílico Ultra Mate Bases B5, en donde se usan los siguientes colores: Pure White, Pewter Tankard, Jadite, Cascade Green y Baked Clay. Véase la ficha técnica en el anexo 3.

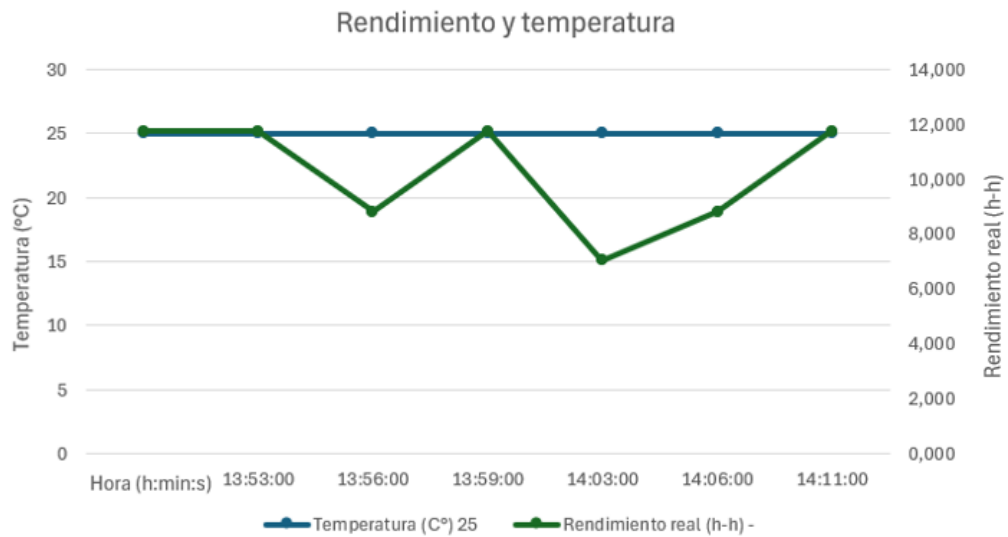
La medición se realiza en horas de la tarde para la primera capa de pintura, en este caso con dos operarios realizando el proceso, ambos utilizando rodillo principalmente, y en las esquinas brocha. Se obtiene un rendimiento de mano de obra de 15,354 m<sup>2</sup>/h-h con un coeficiente de variación de 17,85%.

**Tabla 10.** Medición de rendimiento de pintura paredes interiores

Nombre del proyecto						Progress Software
Nombre del proceso						Pintura Paredes interiores
Fecha	13/6/2025		Tiempo transcurrido en actividades alternas (h)		fi	
Cantidad de operarios	2		Desayuno	0,3		
Cantidad de ayudantes	0		Baño	0,25		
Cantidad de peones	0		Café	0,15		
Unidad de medición	m2		Almuerzo	0,3		
Hora de inicio	13:53:00		Otro	0,25		
Hora de finalización	14:18:00		Jornada laboral	10,5		
N° de medición	Temperatura (C°)	Hora	Tiempo transcurrido (hh:mm)	Cantidad (m2)	Consumo real (h-h/m <sup>2</sup> )	Rendimiento real (m <sup>2</sup> /h-h)
0	25	13:53:00	00:00:00	-	-	-
1	25	13:56:00	00:03:00	2	0,057	17,619
2	25	13:59:00	00:03:00	2	0,057	17,619
3	25	14:03:00	00:04:00	2	0,076	13,214
4	25	14:06:00	00:03:00	2	0,057	17,619
5	25	14:11:00	00:05:00	2	0,095	10,571
6	25	14:15:00	00:04:00	2	0,076	13,214
7	25	14:18:00	00:03:00	2	0,057	17,619
8			00:00:00		0	0
9			00:00:00			
10			00:00:00			
Comentarios	Supervisión ocasional. Pintura en base agua. Cantidad totales de m <sup>2</sup> a pintar: 1655 m <sup>2</sup>		Tiempo total (h)	Cantidad total de (m2)	Promedio	
					0,068	15,354
			0,42	14	Desviación estándar	
					0,014	2,74
				Coeficiente de variación (%)		
				20,40	17,85	

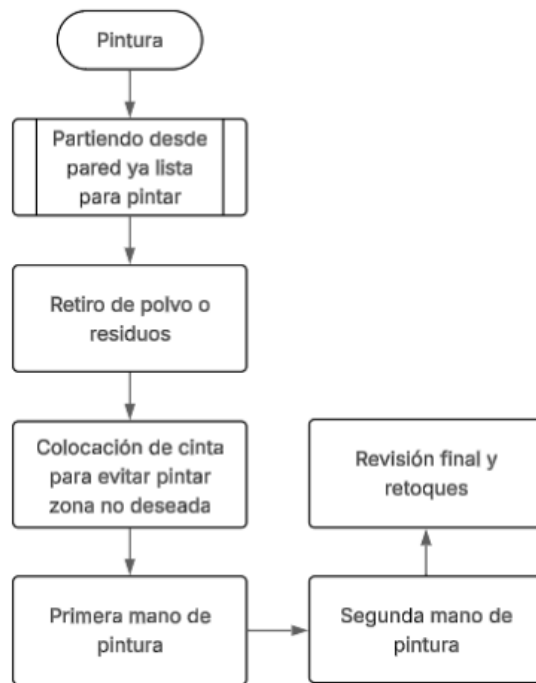
En la figura 12 se presenta un gráfico en donde se puede observar cómo el rendimiento varía así con la temperatura.

**Figura 12.** Rendimiento de pintura paredes interiores



Por último, se muestra el proceso de pintura seguido en el proyecto, véase la figura 13.

**Figura 13.** Proceso de pintura paredes interiores



Se realizaron un total de 6 mediciones, estas se pueden visualizar en la tabla 14.

### 3.3.4. Sellado de paredes livianas aplicado con rodillo

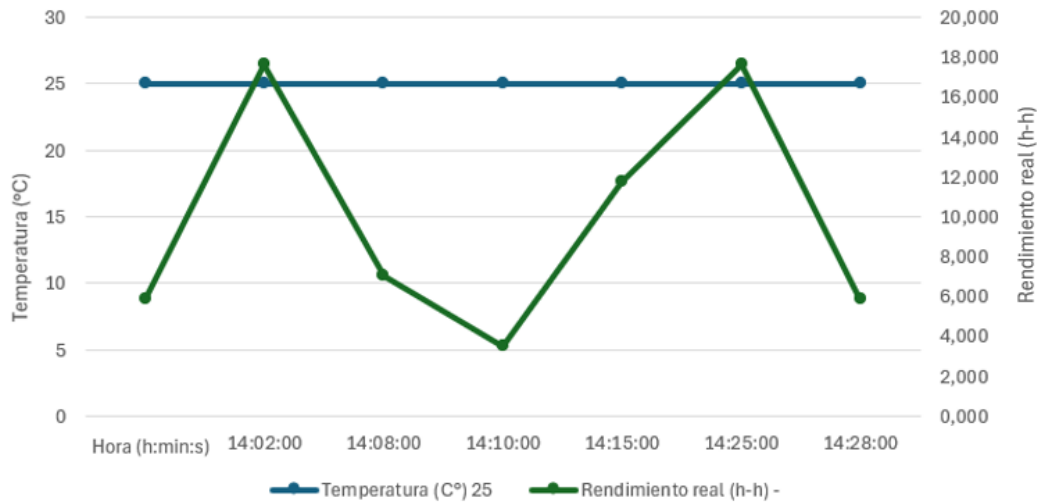
Se muestra a continuación en la tabla 11 la medición para la estimación de rendimiento de mano de obra en el proceso de sellado de paredes. Se aplica una capa de sellador de una misma marca después del proceso de empastado y lijado, esta se aplica con rodillo. El sellador es el Pre Seal de la marca Lanco, el cual es una base acrílica, en el anexo 4 se puede observar la ficha técnica. Se obtiene un rendimiento de mano de obra de 14,85 m<sup>2</sup>/h-h con un coeficiente de variación de 54,50%.

**Tabla 11.** Medición de rendimiento de sellado paredes interiores

Nombre del proyecto						Progress Software
Nombre del proceso						Sellado Paredes interiores
Fecha	10/6/2025		Tiempo transcurrido en actividades alternas (h)		fi	
Cantidad de operarios	2	Desayuno		0,3	0,135	
Cantidad de ayudantes	0	Baño		0,25		
Cantidad de peones	0	Café		0,15		
Unidad de medición	m2	Almuerzo		0,3		
Hora de inicio	14:02:00	Otro		0,25		
Hora de finalización	14:36:00	Jornada laboral		10,5		
N° de medición	Temperatura (C°)	Hora	Tiempo transcurrido (hh:mm)	Cantidad (m2)		
0	25	14:02:00	00:00:00	-	-	-
1	25	14:08:00	00:06:00	2	0,114	8,810
2	25	14:10:00	00:02:00	2	0,038	26,429
3	25	14:15:00	00:05:00	2	0,095	10,571
4	25	14:25:00	00:10:00	2	0,189	5,286
10.35	25	14:28:00	00:03:00	2	0,057	17,619
6	25	14:30:00	00:02:00	2	0,038	26,429
7	25	14:36:00	00:06:00	2	0,114	8,810
8			00:00:00		0	0
9			00:00:00			
10			00:00:00			
Comentarios	Supervisión ocasional. Cantidad totales de m <sup>2</sup> a sellar: 1655 m <sup>2</sup>		Tiempo total (h)	Cantidad total de (m2)	Promedio	
					0,092	14,85
			Desviación estándar			
			0,050	8,094		
			Coeficiente de variación (%)			
54,40	54,50					

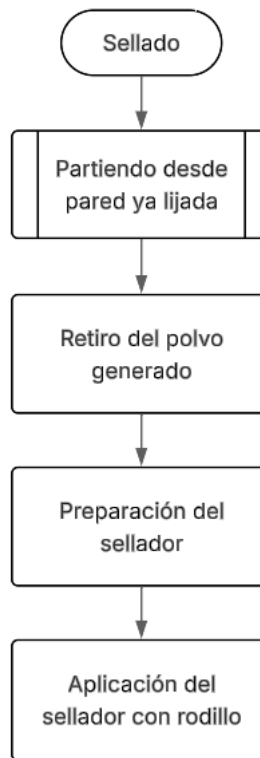
En la figura 14 se presenta un gráfico en donde se puede observar cómo el rendimiento varía así como la temperatura.

**Figura 14. Rendimiento de sellado paredes interiores**  
**Rendimiento y temperatura**



Por último, se muestra el proceso de sellado de paredes seguido en el proyecto, véase la figura 15.

**Figura 15. Proceso de sellado paredes interiores**



De este proceso se realizaron un total de 6 mediciones, las cuales se pueden observar en la tabla 14.

### 3.3.5. Colocación de luminarias

Se muestra a continuación en la tabla 12 la medición para la estimación de rendimiento de mano de obra en el proceso de colocación de luminaria. La medición se realiza en horas de la tarde y solo se colocaron 2 luminarias, las cuales son circulares, poseen un diámetro de 80cm, espesor de 15cm. Esta luminaria se coloca de manera en que va suspendida en el cielo mediante cables de acero en tres puntos, tipo de plano de luz en acabado negro, con una potencia de 60W. En la figura 16 se pueden observar las lámparas en cuestión.

**Figura 16.** Luminarias



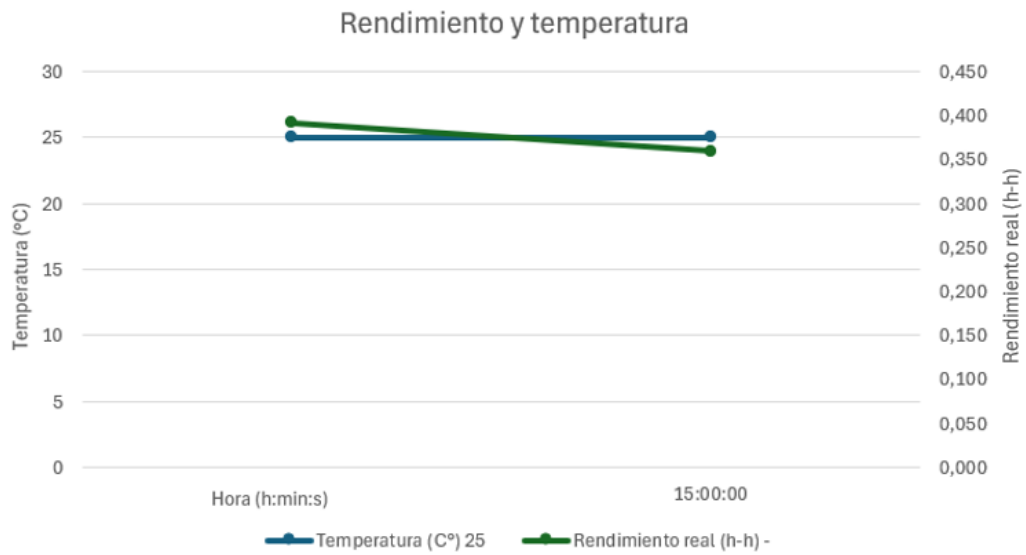
Se obtuvo un rendimiento de 0.376 unidades/h-h con un coeficiente de variación de 4.25% en la primera medición

**Tabla 12.** Medición de rendimiento de instalación luminarias

Nombre del proyecto						Progress Software
Nombre del proceso						Instalación Luminarias
Fecha	10/6/2025		Tiempo transcurrido en actividades alternas (h)			fi
Cantidad de operarios	2	Desayuno		0,3	0,135	
Cantidad de ayudantes	1	Baño		0,25		
Cantidad de peones	0	Café		0,15		
Unidad de medición	unidad	Almuerzo		0,3		
Hora de inicio	15:00:00	Otro		0,25		
Hora de finalización	16:34:00	Jornada laboral		10,5		
N° de medición	Temperatura (C°)	Hora	Tiempo transcurrido (hh:mm)	Cantidad (unidad)		Consumo real (h-h/ unidad)
0	25	15:00:00	00:00:00	-	-	-
1	25	15:45:00	00:45:00	1	2,554	0,392
2	25	16:34:00	00:49:00	1	2,781	0,360
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Comentarios	Supervisión continua debido a riesgo por altura, siempre se mantuvo un ayudante sosteniendo la escalera. Luminarias totales por instalar: 15		Tiempo total (h)	Cantidad total de (unidad)	Promedio	
					2,668	0,376
			1,567	2	Desviación estándar	
					0,11	0,016
				Coeficiente de variación (%)		
				4,25	4,25	

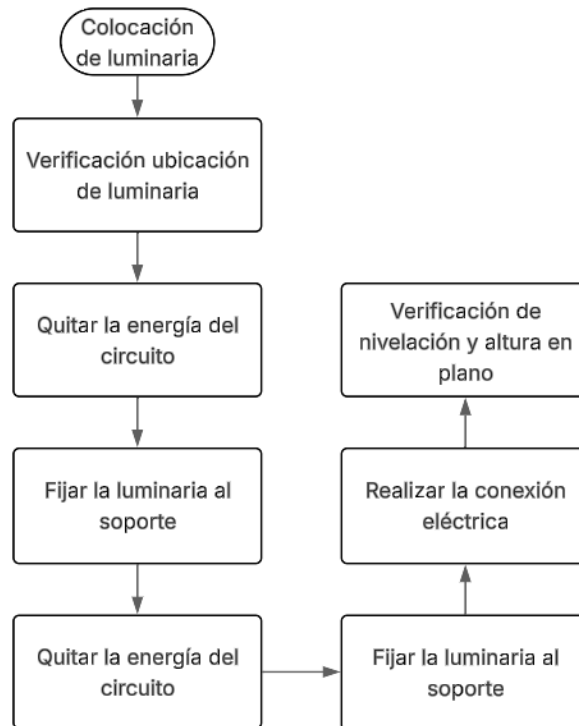
En la figura 17 se presenta un gráfico en donde se puede observar cómo el rendimiento varía así como la temperatura.

Figura 17. Rendimiento de instalación luminarias



Por último, se muestra el proceso de colocación de luminarias en el proyecto, véase la figura 18.

Figura 18. Proceso instalación luminarias



Se tomaron un total de 3 mediciones, ya que las luminarias de este tipo en total a colocar eran 15, estas mediciones se pueden observar en la tabla 14. Y por día se colocaron en total 5 luminarias, por ende, las mediciones eran 5 por solo 3 día.

### 3.3.6. Empastado de cielos livianos en gypsum

Se muestra a continuación en la tabla 13 la medición para la estimación de rendimiento de mano de obra en el proceso de empastado de cielos livianos. La medición se realiza en horas de la tarde para la primera capa de pasta, en este caso con tres operarios realizaron el proceso. El tipo de pasta a colocar es la Pasta Easy Finish Ready Mix del proveedor Instalaciones y Servicios Macopa, en la figura 19 se puede observar al operario empastando el cielo, así como las cubetas del material en el andamio. Se obtuvo un rendimiento de  $6.64 \text{ m}^2/\text{h-h}$  con un coeficiente de variación de 19,85%.

**Figura 19.** Operario empaste cielos livianos

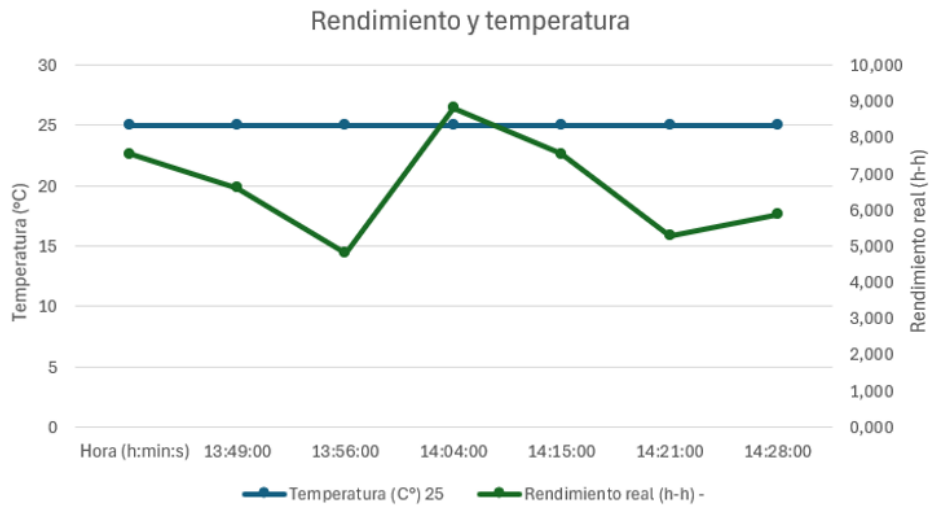


**Tabla 13.** Medición de rendimiento de empaste cielos livianos

Nombre del proyecto						Progress Software
Nombre del proceso						Empaste cielos livianos
Fecha	28/6/2025		Tiempo transcurrido en actividades alternas (h)		fi	
Cantidad de operarios	3	Desayuno		0,3	0,135	
Cantidad de ayudantes	0	Baño		0,25		
Cantidad de peones	0	Café		0,15		
Unidad de medición	m2	Almuerzo		0,3		
Hora de inicio	13:49:00	Otro		0,25		
Hora de finalización	14:47:00	Jornada laboral		10,5		
N° de medición	Temperatura (C°)	Hora	Tiempo transcurrido (hh:mm)	Cantidad (m <sup>2</sup> )		
0	25	13:49:00	00:00:00	-	-	-
1	25	13:56:00	00:07:00	3	0,132	7,551
2	25	14:04:00	00:08:00	3	0,151	6,607
3	25	14:15:00	00:11:00	3	0,208	4,805
4	25	14:21:00	00:06:00	3	0,114	8,810
5	25	14:28:00	00:07:00	3	0,132	7,551
6	25	14:38:00	00:10:00	3	0,189	5,286
7	25	14:47:00	00:09:00	3	0,170	5,873
8			00:00:00		0	0
9			00:00:00			
10			00:00:00			
Comentarios	Supervisión continua por parte del encargado. Cantidad totales de m <sup>2</sup> a empastar: 1283 m <sup>2</sup>		Tiempo total (h)	Cantidad total de (m2)	Promedio	
					0,157	6,640
			Desviación estándar			
			0,032	1,318		
			Coeficiente de variación (%)			
20,11	19,85					

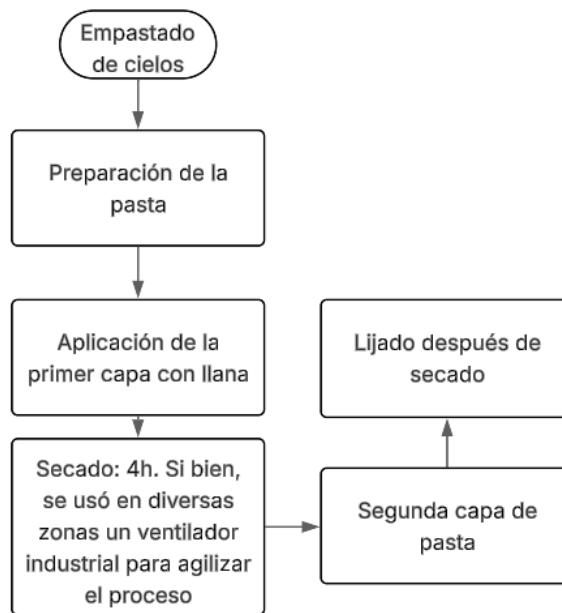
En la figura 20 se presenta un gráfico en donde se puede observar cómo el rendimiento varía así como la temperatura.

**Figura 20.** Rendimiento de empaste cielos livianos



Por último, se muestra el proceso de pintura seguido en el proyecto, véase la figura 21.

**Figura 21.** Proceso de empaste cielos livianos



Por último, mediante la tabla 14 ya se muestran todos los rendimientos obtenidos en todos los procesos que fueron medidos mediante la aplicación de la herramienta de guardado de la plantilla.

Tabla 14. Medición de rendimiento de procesos constructivos mediante el uso de la herramienta

Tabla de rendimientos														
Proceso constructivo	Fecha	Nombre del proyecto	Operario	Ayudante	Peón	Unidad de medición	Tiempo total (h)	Cantidad total de ( )	Consumo real (h-h/)	Rendimiento real (h-h)	Desviación estándar consumo	Coefficiente de variación consumo	Desviación estándar rendimiento	Coefficiente de variación rendimiento
Enchape Paredes interiores	17/6/2025	Progress Software	1	0	0	unidad	2,383	77	0,035	28,462	6,32	0,0041	1,045	6,15
Sellado Cielo liviano	15/6/2025	Progress Software	2	0	0	m2	0,617	14	0,100	10,000	0,048	53	7,95	53,2
Sellado Cielo liviano	14/6/2025	Progress Software	2	0	0	m2	0,517	14	0,084	11,935	0,052	55,2	8,2	55
Sellado Cielo liviano	13/6/2025	Progress Software	2	0	0	m2	0,617	14	0,100	10,000	0,049	54	8,05	54,6
Sellado Cielo liviano	12/6/2025	Progress Software	2	0	0	m2	0,583	14	0,095	10,571	0,051	54,7	8,1	54,9
Sellado Cielo liviano	11/6/2025	Progress Software	2	0	0	m2	0,550	14	0,089	11,212	0,047	53,6	7,98	53,8
Empaste Cielos livianos	23/6/2025	Progress Software	2	0	0	m2	0,933	14	0,151	6,607	0,031	20,5	1,32	19,9
Empaste Cielos livianos	24/6/2025	Progress Software	3	0	0	m2	0,933	21	0,160	6,270	0,034	21,2	1,3	20,7
Empaste Cielos livianos	25/6/2025	Progress Software	3	0	0	m2	0,935	21	0,158	6,329	0,029	18,4	1,25	19,8
Empaste Cielos livianos	26/6/2025	Progress Software	3	0	0	m2	0,967	21	0,157	6,379	0,032	20,11	1,318	19,85
Empaste Cielos livianos	27/6/2025	Progress Software	3	0	0	m2	0,983	21	0,159	6,271	0,03	18,9	1,27	20,3
Empaste Cielos livianos	28/6/2025	Progress Software	3	0	0	m2	0,967	21	0,157	6,379	0,031	19,7	1,29	20,2
Instalación Luminarias	23/6/2025	Progress Software	2	1	0	unidad	3,733	5	2,543	0,393	0,12	4,7	0,017	4,3
Instalación Luminarias	21/6/2025	Progress Software	2	1	0	unidad	3,833	5	2,611	0,383	0,09	3,5	0,014	3,7
Pintura Paredes interiores	19/6/2025	Progress Software	2	0	0	m2	0,400	14	0,065	15,417	0,015	21	2,65	17,2
Pintura Paredes interiores	18/6/2025	Progress Software	2	0	0	m2	0,417	14	0,068	14,800	0,013	19,8	2,85	18
Pintura Paredes interiores	17/6/2025	Progress Software	2	0	0	m2	0,433	14	0,070	14,231	0,016	22,5	2,7	17,6
Pintura Paredes interiores	16/6/2025	Progress Software	2	0	0	m2	1,117	14	0,181	5,522	0,014	20,7	2,9	18,1
Pintura Paredes interiores	14/6/2025	Progress Software	2	0	0	m2	0,500	14	0,081	12,333	0,015	21,3	2,8	17,5

Continuación Tabla 14. Medición de rendimiento de procesos constructivos mediante el uso de la herramienta

Tabla de rendimientos														
Proceso constructivo	Fecha	Nombre del proyecto	Operario	Ayudante	Peón	Unidad de medición	Tiempo total (h)	Cantidad total de ( )	Consumo real (h-h/)	Rendimiento real (h-h)	Desviación estándar consumo	Coefficiente de variación consumo	Desviación estándar rendimiento	Coefficiente de variación rendimiento
Fraguado Paredes interiores	20/6/2025	Progress Software	1	0	0	m2	2,833	7	0,459	2,176	0,102	24,90000	0,47	17,4
Fraguado Paredes interiores	19/6/2025	Progress Software	1	0	0	m2	2,567	7	0,416	2,403	0,095	26,1	0,5	18
Fraguado Paredes interiores	18/6/2025	Progress Software	1	0	0	m2	2,617	7	0,424	2,357	0,097	25,6	0,46	17,6
Fraguado Paredes interiores	18/6/2025	Progress Software	1	0	0	m2	2,400	7	0,389	2,689	0,099	25,31	0,48	17,83
Enchape Paredes interiores	17/6/2025	Progress Software	1	0	0	unidad	2,020	77	0,030	33,636	6,78	0,0036	1,155	6,49
Enchape Paredes interiores	16/6/2025	Progress Software	1	0	0	unidad	2,140	77	0,031	31,797	6,7	0,0043	1,21	6,21
Enchape Paredes interiores	16/6/2025	Progress Software	1	0	0	unidad	2,130	77	0,043	22,994	6,4	0,0038	1,06	6,52
Enchape Paredes interiores	14/6/2025	Progress Software	1	0	0	unidad	3,020	77	0,044	22,486	6,85	0,0042	1,175	6,31
Instalación Luminarias	20/6/2025	Progress Software	2	1	0	unidad	1,567	2	2,668	0,375	0,11	4,25	0,016	4,25
Sellado Cielo liviano	10/6/2025	Progress Software	2	0	0	m2	0,567	14	0,092	10,882	0,05	54,4	8,094	54,5
Pintura Paredes interiores	13/6/2025	Progress Software	2	0	0	m2	0,416	14	0,068	14,749	0,014	20,4	2,74	17,85
Enchape Paredes interiores	13/6/2025	Progress Software	2	0	0	unidad	2	77	0,059	17,030	6,56	0,0039	1,098	6,45

Una vez obtenidos los rendimientos de los procesos en campo, se tenía como objetivo compararlos con los valores utilizados por el departamento de presupuestos. Sin embargo, debido a que dicha información no fue proporcionada, debido a que prefirieron reservarse dichos datos, la comparación se limita a los rendimientos medidos entre sí y con valores de referencia encontrados en la literatura técnica, para este proyecto, cuando se indique rendimiento teórico, hace referencia a rendimientos encontrados en literatura. Es importante señalar que la comparación realizada entre los rendimientos obtenidos en campo y los reportados por la literatura especializada (BCA, 2010) debe interpretarse bajo la consideración de sus limitaciones, ya que no se cuenta con información detallada sobre las condiciones específicas en las que fueron recolectados los datos bibliográficos. En consecuencia, la parte estadística podrá ser no tan rigurosa. No obstante, la fuente empleada es confiable y de referencia internacional, por lo que los contrastes observados resultan valiosos para la investigación. Además, las diferencias encontradas son las evidencias de que el contexto del proyecto, la metodología de medición y las condiciones de ejecución pueden influir de manera significativa en los rendimientos.

En las mediciones realizadas en obra se registró el rendimiento real del proceso de enchape expresado en unidades colocadas por hora-hombre. Sin embargo, para efectos de comparación con valores de referencia, fue necesario convertir dicho rendimiento a metros cuadrados por hora-hombre ( $m^2/h-h$ ), ya que así se presenta en la literatura.

El enchape colocado tiene un formato de 5x20cm, lo cual equivale cada unidad a  $0,01 m^2$ .

$$0,05 m \times 0,2 m = 0,01 m^2$$

Ahora bien, para transformar el rendimiento de unidades/h-h a  $m^2/h-h$ , se aplica la relación de la ecuación 11:

$$Rendimiento (m^2/h - h) = Rendimiento (unidades/h - h) \cdot 0,01 \quad (11)$$

De esta manera, la equivalencia de los rendimientos del proceso del enchapado se presenta mediante la tabla 15, para así tener una comparativa con los valores de referencia.

**Tabla 15.** Equivalencia rendimiento proceso de enchapado

Rendimiento real original(h-h)	Rendimiento real equivalente (h-h)
9,9895	0,0999
11,2309	0,1123
10,6148	0,1061
9,2064	0,0921
9,4761	0,0948
11,3535	0,1135

Según el documento Builders Guide to Construction Productivity de la Building and Construction Authority (BCA, 2010), la productividad esperada para la colocación de cerámicas pequeñas (menores o

iguales a 150 × 150 mm) en piso es de 1,2 a 1,5 m<sup>2</sup>/h-h. En cambio, los valores observados en obra oscilaron entre 0,0921 y 0,1135 m<sup>2</sup>/h-h, con un promedio de 0,1031 m<sup>2</sup>/h-h, lo cual representa una productividad significativamente menor a la reportada por el BCA. Si bien, consideraciones de estas diferencias pueden ser: formato alargado del enchape, lo cual requiere una mayor alineación y precisión; mayor cantidad de juntas por metro cuadrado, por último, los trabajadores medidos en campo de la empresa EDICA, no eran especialistas en colocación de enchape, más bien, era un trabajador nuevo, en donde el experto en la colocación solo le explicó en su momento cómo realizar el proceso, pero quien lo realizó fue alguien sin experiencia y poca supervisión.

Seguidamente, aplicando el procedimiento de T Student explicado mediante el marco teórico, los valores calculados se observan en la tabla 16.

**Tabla 16.** Valor prueba T de Student proceso de enchapado

Valores estadísticos enchape	
Parámetro	Valor
Promedio	0,10312
Valor referencia	1,35
Desvío st	0,0090
Cantidad	6
Error estándar	0,0037
Grados de libertad	5
T Student	-339,53
Valor p	4,21E-12

Dado que el valor p obtenido fue significativamente menor a 0,05, se concluyó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los rendimientos observados y el valor de referencia utilizado (1,35 m<sup>2</sup>/h-h). (McClave & Sincich, 2017)

Para el proceso de fraguado, se obtuvieron en campo rendimientos reales expresados en m<sup>2</sup>/h-h, véase table 17. Con el objetivo de evaluar si estos difieren significativamente del valor de referencia técnico, se aplicó una prueba t de Student para una muestra, utilizando como valor teórico el promedio entre los límites establecidos en la literatura (2.0–2.5 m<sup>2</sup>/h-h), es decir, 2.25 m<sup>2</sup>/h-h (Building and Construction Authority [BCA], 2010), véase tabla 18.

**Tabla 17.** Rendimiento proceso de fraguado

Rendimiento real (h-h)
0,8021
0,8272
0,8101
0,8964

**Tabla 18.** Valor prueba T de Student proceso de fraguado

Valores estadísticos enchape	
Parámetro	Valor
Promedio	0,83396
Valor referencia	2,25
Desvio st	0,0429
Cantidad	4
Error estándar	0,0215
Grados de libertad	3
T Student	-65,99
Valor p	7,67E-06

Con base en estos resultados, se concluye que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el rendimiento observado y el valor de referencia. Específicamente, el rendimiento en obra fue considerablemente inferior al estimado en fuentes técnicas, lo cual podría deberse a condiciones reales de trabajo, particularidades del formato cerámico (5×20 cm), el uso de juntas de 2 mm, o procesos de limpieza intermedios, estos últimos eran constantes.

Ahora con la evaluación del proceso de pintura en paredes livianas, actividad también medida en campo mediante unidades de metros cuadrados por hora-hombre (m<sup>2</sup>/h-h). Según el manual del Building and Construction Authority (BCA, 2010), el rendimiento típico para la aplicación de dos manos de pintura en superficies interiores livianas oscila entre 6 y 8 m<sup>2</sup>/h-h, por lo que se utilizó como valor de referencia el promedio de este rango, 7,0 m<sup>2</sup>/h-h.

En la tabla 19 se observan los rendimientos medidos en campo del proceso de pintura y en la tabla 20, los valores de la prueba t student.

**Tabla 19.** Rendimiento proceso de pintura de paredes livianas de Gypsum

Rendimiento real equivalente (h-h)
10,4875
10,2358
9,8163
8,2527
8,8575
10,2651

**Tabla 20.** Valor prueba T de Student proceso de pintura de paredes livianas de Gypsum

Valores estadísticos enchape	
Parámetro	Valor
Promedio	9,65250
Valor referencia	7
Desvio st	0,8979
Cantidad	6
Error estándar	0,3666
Grados de libertad	5
T Student	7,24
Valor p	7,87E-04

A partir de los datos registrados, se obtuvo un rendimiento promedio de 9,65 m<sup>2</sup>/h-h, con una desviación estándar de 0,898. Al aplicar la prueba t de Student para una muestra, se calculó un estadístico t de 7,24 y un valor p de 0,00079, indicando que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el rendimiento medido y el valor de referencia. En este caso, los resultados sugieren que el proceso de pintura ejecutado en obra superó en eficiencia a lo esperado según los valores típicos de productividad disponibles en literatura.

Para el proceso de sellado, se tiene en la tabla 21 los valores de rendimientos medidos en campo, y en la tabla 22 los valores al aplicar la prueba T de Student, en donde se toma como valor de referencia el recíproco reportado por Resene (2012):

$$0,24 h - h/m^2 = 4,17 m^2/h - h$$

**Tabla 21.** Rendimiento proceso de sellado de paredes livianas de Gypsum

Rendimiento real equivalente (h-h)
7,2574
8,4739
7,0596
7,5151
8,1863
9,9002

**Tabla 22.** Valor prueba T de Student proceso de sellado de paredes livianas de Gypsum

Valores estadísticos enchape	
Parámetro	Valor
Promedio	8,06541
Valor referencia	4,17
Desvio st	1,0503
Cantidad	6
Error estándar	0,4288
Grados de libertad	5
T Student	9,08
Valor p	2,70E-04

El análisis arrojó un rendimiento promedio de 8,07 m<sup>2</sup>/h-h, significativamente superior al valor de referencia. El estadístico t calculado fue de 9,08 con un valor p = 0,00027, lo cual indica que la diferencia es estadísticamente significativa (p < 0,05). En consecuencia, se concluye que el rendimiento observado en obra supera de manera considerable el valor esperado según literatura técnica.

En el caso del proceso de colocación de luminarias circulares suspendidas, no fue posible realizar una prueba t de Student como en los demás procesos, debido a la ausencia de un valor de referencia específico en literatura técnica que se ajuste completamente al tipo de luminaria evaluado. Se consultaron fuentes como el NECA Manual of Labor Units y el documento Interior Installation Productivity (Sarin, s.f.), en los cuales se detallan rendimientos de mano de obra para luminarias en general, sin especificar tipo, peso, tamaño, estos valores no corresponden directamente a luminarias suspendidas de 80 cm de diámetro, fijadas mediante cables de acero en tres puntos, como las instaladas en este proyecto.

No obstante, estos documentos sí permiten tener una noción sobre la cantidad de personal típicamente requerido. En campo, la instalación se realizó con dos operarios y un ayudante por día, lo cual coincide con la composición de cuadrillas sugerida para instalaciones similares en la literatura.

Aunque no se dispone de una base técnica para contrastar el rendimiento con una prueba estadística, se destaca la importancia de registrar este tipo de datos. En este proyecto se colocaron quince luminarias, y en otros casos esta cifra puede variar considerablemente, al igual que su tamaño, complejidad de montaje o sistema de suspensión.

Por último, se tiene el proceso de empastado de cielo de gypsum, en donde en la tabla 23 se presentan los rendimientos obtenidos en campo, y en la tabla 24 la aplicación de la prueba T de Student.

**Tabla 23.** Rendimiento proceso de empastado cielo Gypsum

Rendimiento real equivalente (h-h)
4,4787
6,7180
6,7542
6,4274
6,5832
6,6404

**Tabla 24.** Valor prueba T de Student proceso de empastado cielo Gypsum

Valores estadísticos enchape	
Parámetro	Valor
Promedio	6,26697
Valor referencia	4,5
Desvio st	0,8836
Cantidad	6
Error estándar	0,3607
Grados de libertad	5
T Student	4,90
Valor p	4,48E-03

A partir de los datos registrados en campo, se obtuvo un rendimiento promedio de 6,27 m<sup>2</sup>/h-h con una desviación estándar de 0,88. Se aplicó la prueba t de Student para una muestra, tomando como valor de referencia 4,5 m<sup>2</sup>/h-h, obtenido de la literatura técnica (Methvin, 2025). El análisis generó un estadístico t de 4,90 y un valor p de 4,48E-03, lo que indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el rendimiento medido en campo y el valor de referencia. Esto sugiere que el proceso de empastado ejecutado en obra fue más eficiente de lo esperado, según los valores típicos de productividad disponibles en literatura. Estos resultados refuerzan la importancia de contar con datos reales para ajustar las bases de rendimiento empleadas en la planificación y presupuestación de futuros proyectos.

A continuación en la tabla 25 se muestran los rendimientos tabulados en campo versus los rendimientos encontrados como puntos de referencia en literatura.

**Tabla 25.** Resumen de rendimientos medidos en campo vs rendimientos teóricos.

Proceso constructivo	Rendimiento promedio en campo (h-h)	Promedio teórico (h-h)
Colocación de enchape	0,10312	1,35
Fraguado de enchape cerámico esmaltado	0,83396	2,25
Pintura en paredes livianas en Gypsum	9,6525	7
Sellado de paredes livianas en Gypsum aplicado con rodillo	8,06541	4,17
Colocación de luminarias	0,38533	N/A
Empastado de cielos livianos en Gypsum	6,26697	4,5

Uno de los aspectos fundamentales al momento de analizar los rendimientos de mano de obra en los procesos constructivos de acabados es reconocer que dichos rendimientos no son constantes, incluso dentro de una misma actividad. Aunque en este trabajo se han identificado factores como la temperatura, la experiencia del trabajador y su edad como variables que inciden directamente sobre la productividad, los estudios en campo tienden a limitarse a cuantificar un rendimiento promedio, sin profundizar en las causas que explican las variaciones observadas entre mediciones reales.

Por ejemplo, cuando se realizó la medición del enchape, el tiempo de colocación varía según el tamaño de pieza, por ende, aunque sea un mismo proceso, este puede variar completamente. Asumir un único valor numérico podría no reflejar adecuadamente la realidad del proceso. Puede haber interrupciones constantes que solo ese día de la medición no hubo, la parte de temperatura, aunque no fue el presente caso una variante que influyese en el rendimiento, es indiscutible que si las temperaturas aumentaran a 33 °C en adelante, un valor que, si bien no fue registrado en las obras monitoreadas, es frecuente en lugares como Carrillo, Guanacaste, donde se alcanzaron los 41 °C en el año 2024 (IMN, 2024). El rendimiento de los trabajadores iría en picada, no solo en el día, sino en toda la línea temporal del proyecto. Este proyecto fue bajo techo, pero no todos lo son.

De igual forma, la edad y experiencia del personal de obra son determinantes en el rendimiento. Un trabajador joven puede ofrecer mayor agilidad y resistencia, pero quizá carezca del criterio técnico o del nivel de acabado que posee un trabajador con más años de experiencia. Por el contrario, un operario experimentado puede lograr una ejecución más precisa, aunque su ritmo sea más pausado. Ambos perfiles, en condiciones distintas, pueden alcanzar cifras similares de producción, pero con esfuerzos y circunstancias completamente diferentes.

Es por esto por lo que un análisis profundo de rendimientos no puede basarse únicamente en datos de producción y horas trabajadas. Resulta imprescindible considerar también los tiempos no productivos,

como esperas por falta de materiales, pausas no planificadas, tiempos de supervisión por condiciones de riesgo (como se registró en la colocación de luminarias) o incluso errores de coordinación. Estos factores no siempre son evidentes, pero afectan considerablemente la eficiencia global del proceso. En este trabajo, dichos tiempos se incorporaron mediante la aplicación del factor  $f_i$ , lo cual permite que los rendimientos calculados reflejen de manera más realista las condiciones de obra.

Finalmente, es importante destacar que dos valores de rendimiento numéricamente similares no siempre reflejan la misma eficiencia, ya que el entorno y las condiciones bajo las que se obtuvo el dato son clave para su interpretación. Un mismo rendimiento podría implicar un alto esfuerzo bajo condiciones desfavorables, o ser fácilmente alcanzable en un entorno optimizado.

### 3.4. Comparación de costos de actividades

En esta sección se presenta el análisis comparativo del costo de mano de obra asociado a los rendimientos medidos en campo frente a los valores de referencia obtenidos en la literatura. El objetivo es cuantificar el impacto económico que generan las diferencias de productividad, expresadas en términos de costo por metro cuadrado o por unidad ejecutada. Aunque la relación entre rendimientos y costos unitarios de mano de obra parte de los mismos cálculos presentados en la sección anterior, la inclusión de esta comparación de costos se considera pertinente, ya que traduce los resultados técnicos en un impacto monetario directo. De esta forma, se facilita su interpretación y aplicación práctica por parte del área de presupuestos de la empresa.

Para ello, se calculó el costo por hora-hombre de cada cuadrilla y se relacionó con el rendimiento correspondiente, permitiendo estimar y comparar el costo unitario real con el costo teórico. Este enfoque no solo evidencia las variaciones operativas, sino que también ofrece una base objetiva para identificar oportunidades de mejora y optimizar la planificación de recursos en futuros proyectos.

Las estimaciones de costos presentadas en este estudio corresponden exclusivamente al contexto operativo y tarifario de la empresa Edica, por lo que no deben extrapolarse directamente a otras organizaciones sin los debidos ajustes.

#### 3.4.1. Colocación de enchape

Para este proceso se determinó el rendimiento promedio en campo a partir de seis mediciones, obteniendo un valor de 0,10312 m<sup>2</sup>/h-h, mientras que el valor de referencia en la literatura fue de 1,35 m<sup>2</sup>/h-h. La cuadrilla observada estuvo conformada por un operario sin ayudantes, con una jornada laboral de 10,5 horas. Para el cálculo económico se utilizó el costo diario por trabajador suministrado por la empresa Edica, con base en los valores que maneja internamente en sus presupuestos, lo cual garantiza la coherencia con la realidad del mercado laboral aplicado en sus proyectos. Con estos datos se determinó el costo por hora-operario (₡ 2100) el costo por hora-ayudante (₡1 664).

Para determinar el costo por m<sup>2</sup> según rendimiento en campo se aplica la ecuación 12.

$$Costo/m^2 = \frac{₡2\ 100/h}{0.10312} = ₡20\ 364.62 \quad (12)$$

Utilizando la misma ecuación 13, se determina el costo por m<sup>2</sup> según rendimiento teórico.

$$\text{Costo}/m^2 = \frac{\text{C}\$2\,100/h}{1.35} = \text{C}\$1\,555.56$$

Para determinar la relación entre ambos costos, se aplica la ecuación 13:

$$\text{Relación} = \frac{\text{C}\$20\,364.62}{\text{C}\$1\,555.56} = 13.09 \quad (13)$$

El costo real fue 13,09 veces mayor que el estimado con base en el rendimiento de literatura, lo que refleja un rendimiento de producción muy por debajo del esperado. Esta diferencia podría estar asociada a interrupciones frecuentes, destreza insuficiente en el oficio, condiciones limitantes de acceso al área de trabajo, tipo de enchape o coordinación deficiente con otros procesos. El impacto económico es considerable, ya que encarece de forma notable la ejecución de esta actividad dentro del proyecto.

### 3.4.2. Fraguado de enchape cerámico esmaltado

La cuadrilla observada estuvo conformada por un operario, con una jornada laboral de 10.5 horas y costos brindados por EDICA: hora-operario (C\$ 2100) el costo por hora-ayudante (C\$1 664).

Costo por m<sup>2</sup> según rendimiento en campo:

$$\text{Costo}/m^2 = \frac{\text{C}\$2\,100/h}{0.83396} = \text{C}\$2\,518.11$$

Costo por m<sup>2</sup> según rendimiento teórico:

$$\text{Costo}/m^2 = \frac{\text{C}\$2\,100/h}{2.25} = \text{C}\$933.33$$

Relación entre ambos costos:

$$\text{Relación} = \frac{\text{C}\$2\,518.11}{\text{C}\$933.33} = 2.7$$

El análisis refleja que el costo unitario real de la actividad en campo es 2.7 mayor al estimado teóricamente, lo que sugiere una productividad menor a la esperada. Entre las posibles causas se incluyen la falta de continuidad en la ejecución, condiciones de trabajo desfavorables o la exigencia de un acabado más preciso que el considerado en los valores de referencia. Esta diferencia impacta directamente en la planificación de recursos y en el presupuesto final del proyecto, evidenciando la necesidad de ajustar las estimaciones para procesos de fraguado en contextos similares.

### 3.4.3. Pintura en paredes livianas

La cuadrilla observada estuvo conformada por 2 operarios, con una jornada laboral de 10.5 horas y costos brindados por EDICA: hora-operario (C\$ 2100) el costo por hora-ayudante (C\$1 664). Aplicando la ecuación 14, se calcula el costo por hora-cuadrilla. Seguidamente se aplica la ecuación 12 (para costo por m<sup>2</sup> tanto en campo como teórico) y la ecuación 13 para la relación entre ambos costos

Costo por hora-cuadrilla:

$$Costo_{h-h} = 2\ 100/h \cdot 2\ \text{operarios} = \text{€}4\ 200/h \quad (14)$$

Costo por m<sup>2</sup> según rendimiento en campo:

$$Costo/m^2 = \frac{\text{€}4\ 200/h}{9.6525} = \text{€}435.12$$

Costo por m<sup>2</sup> según rendimiento teórico:

$$Costo/m^2 = \frac{\text{€}4\ 200/h}{7} = \text{€}600$$

Relación entre ambos costos:

$$Relación = \frac{\text{€}435.12}{\text{€}600} = 0.73$$

El costo unitario real obtenido en campo (€435.12/m<sup>2</sup>) fue €164.88/m<sup>2</sup> más bajo que el calculado según literatura (€600/m<sup>2</sup>), lo que representa una reducción del 27.48 %. Esto se debe a que el rendimiento medido (9.6525 m<sup>2</sup>/h-h) superó al valor teórico (7 m<sup>2</sup>/h-h), evidenciando una ejecución más eficiente de lo esperado. Esta eficiencia puede asociarse a factores como buena organización de la cuadrilla, continuidad de frentes de trabajo y adecuada destreza en la actividad, generando un ahorro económico directo para el proyecto.

### 3.4.4. Sellado de paredes livianas aplicado con rodillo

Para este proceso se determinó el rendimiento promedio en campo a partir de seis mediciones, obteniendo 7,1483 m<sup>2</sup>/h-h, mientras que el valor de referencia en la literatura fue de 7 m<sup>2</sup>/h-h. La cuadrilla observada estuvo conformada por dos operarios, con una jornada laboral de 10.5 horas y costos brindados por EDICA: hora-operario (€ 2100) el costo por hora-ayudante (€1 664).

Costo por hora-hora de la cuadrilla:

$$Costo_{h-h} = \text{€}2\ 100/h \cdot 2\ \text{operarios} = \text{€}4\ 200/h$$

Costo por m<sup>2</sup> según rendimiento en campo:

$$Costo/m^2 = \frac{\text{€}4\ 200/h}{8.06541} = \text{€}520.74$$

Costo por m<sup>2</sup> según rendimiento teórico:

$$Costo/m^2 = \frac{\text{€}4\ 200/h}{4.17} = \text{€}1\ 007.19$$

Relación entre ambos costos:

$$Relación = \frac{\text{€}520.74}{\text{€}1\ 007.19} = 0.52$$

El costo real (€520.74/m<sup>2</sup>) fue €486.45/m<sup>2</sup> menor que el de literatura (€1 007.19/m<sup>2</sup>), es decir, 48.3 % más barato. Esto se explica porque el rendimiento medido (8.06541 m<sup>2</sup>/h-h) superó ampliamente al teórico (4.17 m<sup>2</sup>/h-h), reflejando una ejecución eficiente de la cuadrilla.

### 3.4.5. Colocación de luminarias

Para este proceso se determinó el rendimiento promedio en campo a partir de seis mediciones, obteniendo 0.38533 u/h-h, sin contar con un valor de referencia en la literatura para establecer una comparación directa. La cuadrilla observada estuvo conformada por dos operarios y un ayudante de operario en construcción, con una jornada laboral de 10.5 horas y costos brindados por EDICA: hora-operario (₡ 2100) el costo por hora-ayudante (₡1 664).

Costo por hora-hora de la cuadrilla:

$$Costo_{h-h} = ₡2\,100/h \cdot 2 \text{ operarios} + ₡1\,664/h = ₡5\,864/h$$

Costo por m<sup>2</sup> según rendimiento en campo:

$$Costo/m^2 = \frac{₡5\,864/h}{0.38533} = ₡15\,218.12 \text{ por luminaria}$$

Con un rendimiento de 0.38533 u/h-h, la instalación de cada luminaria representa un costo directo de mano de obra de ₡15 218.12 para una cuadrilla de 2 operarios y 1 ayudante. Este valor integra tanto la manipulación y fijación del artefacto como las conexiones y verificaciones básicas. En ausencia de un parámetro de literatura, el resultado sirve como referencia base para presupuestación y control: optimizar la preparación de frentes, accesos/altura de trabajo, preensamble y la secuencia de conexión puede aumentar el rendimiento y, por ende, reducir el costo por luminaria en proyectos similares.

### 3.4.6. Empastado de cielos livianos en gypsum

Para este proceso se determinó el rendimiento promedio en campo a partir de seis mediciones, obteniendo 6.26697 m<sup>2</sup>/h-h, mientras que el valor de referencia en la literatura fue de 4.5 m<sup>2</sup>/h-h. La cuadrilla observada estuvo conformada por tres operarios, con una jornada laboral de 10.5 horas y costos brindados por EDICA: hora-operario (₡ 2100) el costo por hora-ayudante (₡1 664).

Costo por hora-hora de la cuadrilla:

$$Costo_{h-h} = ₡2\,100/h \cdot 3 \text{ operarios} = ₡6\,300/h$$

Costo por m<sup>2</sup> según rendimiento en campo:

$$Costo/m^2 = \frac{₡6\,300/h}{6.26697} = ₡1\,005.27$$

Costo por m<sup>2</sup> según rendimiento teórico:

$$Costo/m^2 = \frac{₡6\,300/h}{4.17} = ₡1\,400$$

Relación entre ambos costos:

$$Relación = \frac{₡1\,005.27}{₡1\,400} = 0.72$$

El costo unitario real obtenido en campo (₡1 005.27/m<sup>2</sup>) fue ₡394.73/m<sup>2</sup> más bajo que el calculado según literatura (₡1 400/m<sup>2</sup>), lo que representa una reducción del 28.19 %. Esta diferencia se explica porque el rendimiento observado (6.26697 m<sup>2</sup>/h-h) superó al teórico (4.5 m<sup>2</sup>/h-h), evidenciando una ejecución

eficiente de la cuadrilla en este proceso. En condiciones operativas similares, usar el rendimiento medido permite ajustar a la baja los costos estimados y mejorar la planificación de recursos.

La tabla 26 presenta la comparación de rendimientos y costos unitarios de mano de obra para los seis procesos constructivos analizados en el estudio. En ella se detallan los rendimientos promedios obtenidos en campo y los valores de referencia de la literatura, así como la composición de la cuadrilla, el costo por hora-cuadrilla, el costo unitario calculado con base en los rendimientos medidos y el costo estimado según los valores teóricos. La última columna muestra la relación entre ambos costos, la cual permite identificar si el desempeño real fue más eficiente (valor menor a 1) o menos eficiente (valor mayor a 1) en comparación con las referencias bibliográficas.

**Tabla 26.** Resumen de costos según rendimientos medidos en campo vs rendimientos teóricos.

Proceso constructivo	Rendimiento promedio en campo (h-h)	Promedio teórico (h-h)	Cantidad de operarios	Cantidad ayudantes	Costo hora-cuadrilla	Costo m <sup>2</sup> rendimiento en campo	Costo m <sup>2</sup> rendimiento teórico	Relación entre costos
Colocación de enchape	0.10312	1.35	1		₡ 2 100,00	₡ 20 364,62	₡ 1 555,56	13,09
Fraguado de enchape cerámico esmaltado	0.83396	2.25	1		₡ 2 100,00	₡ 2 518,11	₡ 933,33	2,70
Pintura en paredes livianas en Gypsum	9.6525	7	2		₡ 4 200,00	₡ 435,12	₡ 600,00	0,73
Sellado de paredes livianas en Gypsum aplicado con rodillo	8.06541	4.17	2		₡ 4 200,00	₡ 520,74	₡ 1 007,19	0,52
Colocación de luminarias	0.38533	N/A	2	1	₡ 5 864,00	₡ 15 218,12	N/A	N/A
Empastado de cielos livianos en Gypsum	6.26697	4.5	3		₡ 6 300,00	₡ 1 005,27	₡ 1 400,00	0,72

# Conclusiones y recomendaciones

A continuación, las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo, estas dos secciones representan las lecciones aprendidas así como las propuestas de mejora identificados en el análisis.

## Conclusiones

En total se procesaron siete mediciones correspondientes a seis actividades de acabados ejecutadas por cuadrillas en condiciones reales. Esto asegura que los resultados finales no provienen de estimaciones aisladas, sino de un proceso riguroso y estructurado de recolección y validación, respaldando así la confiabilidad de los rendimientos obtenidos y sus implicaciones económicas.

Se diseñó una herramienta digital desarrollada en formato Excel, que permite recopilar, procesar y analizar rendimientos de manera sistemática. Dicha herramienta fue calibrada con datos reales recolectados en campo, lo que garantiza su utilidad y aplicabilidad en proyectos futuros. Además, se diseñó para ser una base dinámica y actualizable, que la empresa podrá seguir alimentando con nuevas mediciones para ampliar el alcance de la base de datos y mantener la información vigente.

Entre los procesos constructivos medidos, se destaca el sellado de paredes livianas en Gypsum con rodillo ( $8,06541 \text{ m}^2/\text{h-h}$ ), el empastado de cielos livianos en Gypsum ( $6,26697 \text{ m}^2/\text{h-h}$ ) y la colocación de enchape ( $0,57 \text{ m}^2/\text{h-h}$ ). Estos valores fueron obtenidos mediante seguimiento en obra y representan la productividad real de las cuadrillas bajo las condiciones específicas del proyecto en el departamento Scala.

Si bien las comparaciones realizadas con la literatura especializada (BCA, 2010) no pueden considerarse estadísticamente válidas debido a la falta de información sobre las condiciones de recolección de los datos bibliográficos, los contrastes observados permiten identificar diferencias relevantes. Dichas diferencias sugieren que factores como el contexto constructivo, la metodología de medición y las condiciones de ejecución influyen significativamente en los rendimientos obtenidos en campo, lo que constituye un aspecto importante para la comprensión de la variabilidad.

En los procesos donde se disponía de datos de referencia, se observaron diferencias relevantes respecto a la literatura. Por ejemplo, el sellado de paredes livianas en Gypsum con rodillo presentó un rendimiento en campo  $93,48 \%$  superior al valor teórico ( $4,17 \text{ m}^2/\text{h-h}$ ), mientras que el empastado de cielos livianos en Gypsum lo superó en un  $39,27 \%$  ( $4,50 \text{ m}^2/\text{h-h}$  vs.  $6,26697 \text{ m}^2/\text{h-h}$ ). Si bien estas comparaciones no pueden considerarse estadísticamente válidas debido a la falta de información sobre las condiciones de los datos bibliográficos, los contrastes identificados sugieren que las cuadrillas en este proyecto operaron con mayor eficiencia en relación con los parámetros de referencia disponibles.

La mayor productividad en campo se tradujo en costos unitarios menores. En el sellado de paredes livianas en Gypsum con rodillo, el costo por m<sup>2</sup> fue de ₡325,14 frente a ₡628,87 según literatura, una reducción del 48,30 %. En el empastado de cielos livianos en Gypsum, el costo por m<sup>2</sup> disminuyó de ₡874,13 (literatura) a ₡627,67 (campo), equivalente a un ahorro del 28,19 %. Estos ahorros demuestran que, bajo condiciones similares, la utilización de rendimientos reales puede mejorar la precisión de presupuestos y reducir costos proyectados.

Se entrega a la empresa una metodología replicable y una herramienta práctica de gestión que puede integrarse directamente en la planificación y presupuestación de proyectos. Su implementación permitirá a Edica/Scala mejorar la precisión en la estimación de tiempos y costos, optimizar el uso de los recursos y fortalecer la competitividad en un sector donde la eficiencia y la confiabilidad son claves para una entrega óptima de los proyectos.

Asimismo, se destaca que el análisis estadístico de los rendimientos recolectados se realizó utilizando la distribución t-Student, debido a que el número de observaciones fue menor a 30. Este procedimiento permitió calcular medias, intervalos de confianza y variabilidad con mayor realismo, incorporando la incertidumbre asociada a muestras pequeñas, adquiriendo así un respaldo estadístico sólido, lo que incrementa la confiabilidad de la base de datos desarrollada y asegura que los rendimientos registrados puedan ser utilizados como referencia válida en la planificación y presupuestación de la empresa.

La comparación entre los rendimientos obtenidos en campo y los reportados en la literatura especializada (BCA, 2010) permitió identificar diferencias significativas en algunos procesos. Si bien no es posible otorgar un valor estadístico riguroso a dicha comparación debido a la ausencia de información sobre las condiciones bajo las cuales fueron recolectados los datos bibliográficos, la fuente empleada es confiable y de referencia internacional. En consecuencia, los contrastes observados resultan relevantes, ya que evidencian que factores como el contexto constructivo, la metodología de medición y las condiciones de ejecución influyen de manera determinante en la productividad de la mano de obra.

En este proyecto, la medición de la temperatura se mantuvo como parte del registro de condiciones ambientales; no obstante, su variación fue mínima (un grado Celsius), dado que las actividades se realizaron en un entorno interior con condiciones estables. Siendo no posible establecer una correlación entre la temperatura y los rendimientos de mano de obra en los procesos constructivos medidos. Sin embargo, la plantilla desarrollada conserva la capacidad de graficar esta variable, con el propósito de que pueda ser utilizada en proyectos futuros donde existan variaciones ambientales más significativas.

# Recomendaciones

La empresa EDICA así como el departamento Scala, principalmente su área de presupuestos debe de considerar la inclusión de factores de ajuste por condiciones climáticas, tipo de proyecto o nivel de interferencia al momento de utilizar los datos de rendimiento como base para estimaciones.

El departamento de Scala y su equipo técnico, para actividades como la colocación de luminarias, donde no se dispone de valores de referencia, se recomienda implementar un seguimiento sistemático en diferentes obras, a fin de generar datos históricos que sirvan de base para futuros análisis y presupuestos.

Para el departamento de seguridad laboral o bien la parte de la jefatura de proyecto debe promover capacitaciones regulares para los operarios en técnicas de trabajo eficiente, uso correcto de herramientas y buenas prácticas de organización en obra.

Para los ingenieros residentes o bien los gerentes del proyecto deben de incorporar el análisis de tiempos no productivos como parte habitual de las reuniones de obra, con el fin de detectar patrones y generar soluciones desde la etapa de planificación, ya que en la plantilla no se incorporan.

Para el área de presupuesto de la empresa EDICA así como el equipo técnico que trabaje en campo, en procesos que presenten rendimientos bajos o con alto costo unitario, se recomienda analizar los tiempos improductivos, la logística de suministro y la secuencia de trabajo para optimizar la ejecución.

Se recomienda por parte de la empresa ampliar este tipo de estudios a otros departamentos o tipos de obra dentro de la empresa, para construir una base de datos robusta que contemple distintos escenarios constructivos y niveles de complejidad.

Para el departamento del equipo técnico que trabaja en campo de Scala así como el departamento de presupuesto, resulta conveniente establecer un canal de comunicación entre los equipos de campo y el área de presupuesto para compartir y validar rendimientos, de modo que se puedan alinear las estimaciones teóricas con la realidad observada en obra.

Debido a que factores como la capacitación del personal, la tecnología de herramientas y las condiciones de obra pueden variar con el tiempo, se aconseja a la empresa EDICA actualizar periódicamente la base de datos de rendimientos para mantener su vigencia y confiabilidad en la estimación de costos.

Para futuros proyectos, a la dirección general, se recomienda gestionar desde el inicio los acuerdos formales de colaboración interna que permitan acceder a los rendimientos históricos de la empresa, a fin de contrastar los datos recolectados con los valores presupuestados y lograr una verificación más precisa de los costos.

Se recomienda a la empresa EDICA valorar en el futuro la estandarización de los nombres de los procesos constructivos dentro de la base de datos, de manera que se facilite la búsqueda, comparación y consolidación de información entre diferentes proyectos. Aunque actualmente la plantilla permite la localización de procesos mediante filtros de palabras, una nomenclatura unificada aportaría mayor eficiencia y consistencia en el manejo de los datos a largo plazo.

Se aconseja que, en versiones futuras de la herramienta, se incorpore directamente en la base de datos central el registro de condiciones ambientales, comentarios de campo y resultados estadísticos. Esto permitirá conservar en un solo repositorio toda la información contextual de las mediciones, facilitando análisis más profundos y comparaciones entre proyectos.

Se recomienda estandarizar los criterios y la información que debe incluirse en la sección de comentarios de la herramienta de registro de rendimientos, definiendo campos claros para aspectos como condiciones del sitio, interferencias, pausas y observaciones técnicas. Esto evitará la subjetividad y mejorará la consistencia de los registros.

# Referencias

- Abdelhamid, T. S. (2000). Identifying root causes of construction accidents. *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(1), 52–60. Obtenido de <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282000%29126%3A1%2852%29>
- Ahiaga-Dagbui, D. D. (2014). Rethinking construction cost overruns: Cognition, learning and estimation. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 19(1), 38–54. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/259345015\\_Rethinking\\_construction\\_cost\\_overruns\\_Cognition\\_learning\\_and\\_estimation](https://www.researchgate.net/publication/259345015_Rethinking_construction_cost_overruns_Cognition_learning_and_estimation)
- Alarcon, L., Salvatierra, L., Donaire, N., & Galleguillos, M. (2017). Lean Construction: Manual Práctico de Herramientas de Mejoramiento de Construcción. *Centro de Excelencia en Gestión de la Producción - GEPUC*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Camilo-Lagos/publication/318217002\\_Lean\\_Construction\\_Manual\\_Practico\\_de\\_Herramientas\\_de\\_Mejoramiento\\_de\\_Construccion/links/595d80b70f7e9b3aefadf90e/Lean-Construction-Manual-Practico-de-Herramientas-de-Mejoramiento-de-C](https://www.researchgate.net/profile/Camilo-Lagos/publication/318217002_Lean_Construction_Manual_Practico_de_Herramientas_de_Mejoramiento_de_Construccion/links/595d80b70f7e9b3aefadf90e/Lean-Construction-Manual-Practico-de-Herramientas-de-Mejoramiento-de-C)
- Alinaitwe, H. M. (2007). Factors affecting the productivity of building craftsmen—Studies of Uganda. *Journal of Civil Engineering and Management*, 13(3), 169–176. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/228621124\\_Factors\\_affecting\\_the\\_productivity\\_of\\_building\\_craftsmen\\_-\\_Studies\\_of\\_Uganda](https://www.researchgate.net/publication/228621124_Factors_affecting_the_productivity_of_building_craftsmen_-_Studies_of_Uganda)
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica (6.ª ed.)*. Venezuela: Editorial Episteme. Obtenido de <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigación-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Ballard, G. &. (2003). Lean project management. *Building Research & Information*, 31(2), 119–133. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/233542312\\_Lean\\_project\\_management](https://www.researchgate.net/publication/233542312_Lean_project_management)
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación: para administración, economía, humanidades y ciencias sociales (3.ª ed.)*. Colombia: Pearson Educación. Obtenido de <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigación-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- Bluman, A. (2018). *Elementary Statistics, a Step-by-Step Approach*. Tenth Edition: McGraw-Hill Education, New York. Obtenido de

- [https://drive.uqu.edu.sa/\\_/mskhayat/files/MySubjects/2017SS%20Elementary%20Statistics/Elementary%20Statistics.pdf](https://drive.uqu.edu.sa/_/mskhayat/files/MySubjects/2017SS%20Elementary%20Statistics/Elementary%20Statistics.pdf)
- Botero, L. (2002). Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. *Revista Universitaria EAFIT*, 128, 9-21. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/215/21512802.pdf>
- Casado, J. (2007). *Manual básico de Estadística*. Madrid: Gráficas Lizarra. Obtenido de [https://www.ine.es/ine/oposiciones/temario\\_2021/manual\\_basico\\_estadistica.pdf](https://www.ine.es/ine/oposiciones/temario_2021/manual_basico_estadistica.pdf)
- Fashina, A., Abdillahi, M., Abdullahi, A., & Folasade, F. (2021). Exploring the significant factors that influence delays in construction projects in Hargeisa. *Heliyon*, 7(4). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844021009294>
- Flick, U. (2014). *An Introduction to Qualitative Research (5th ed.)*. SAGE Publications. Obtenido de [https://dl1.cuni.cz/pluginfile.php/1832172/mod\\_resource/content/1/Uwe%20Flick%20-%20An%20Introduction%20to%20Qualitative%20Research%202014.pdf](https://dl1.cuni.cz/pluginfile.php/1832172/mod_resource/content/1/Uwe%20Flick%20-%20An%20Introduction%20to%20Qualitative%20Research%202014.pdf)
- Hart, C. (1998). *Doing a Literature Review: Releasing the Social Science Research Imagination*. London: SAGE Publications. Obtenido de [https://www.cuzproduces.com/producinganew/files/resources/HART\\_Doing%20a%20literature%20review\\_1988\\_ch1.pdf](https://www.cuzproduces.com/producinganew/files/resources/HART_Doing%20a%20literature%20review_1988_ch1.pdf)
- Hendrickson, C. (2008). Project management for construction: Fundamental concepts for owners, engineers, architects and builders. *Carnegie Mellon University*. Obtenido de [https://www.systematic.sk/web/media/Chris%20Hendrickson\\_Project\\_Management\\_for\\_Construction.pdf](https://www.systematic.sk/web/media/Chris%20Hendrickson_Project_Management_for_Construction.pdf)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill. Obtenido de [https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)
- Jarkas, A. (2012). Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait. *Journal of Construction Engineering and Management*, 811-820. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/269441150\\_Factors\\_Affecting\\_Construction\\_Labor\\_Productivity\\_in\\_Kuwait](https://www.researchgate.net/publication/269441150_Factors_Affecting_Construction_Labor_Productivity_in_Kuwait)
- Lanco. (2016). *DATA TÉCNICA DE PRODUCTO Pre-Seal™*. Obtenido de <https://www.lancopaints.com/puerto-rico/wp-content/uploads/sites/4/2017/08/Pre-Seal-Primer-PS183-TDS-ESP.pdf>
- Laticrete de Centroamérica. (2025). *TDS-PERMACOLOR SIN ARENA*. Costa Rica.
- Ltd, R. P. (2012). *Productivity tables: Painting and wallpapering productivity estimates*. Obtenido de <https://www.resene.co.nz/paintdec/productivity-tables/index.htm?srsltid=AfmBOorRrRmfzQRTC7gn5NUesiwaWoD2AZZtfvIbQfG5Q0R1MYII10o>
- McClave, J., & Sincich, T. (2017). *Estadística*. Pearson Education. Obtenido de <https://www.scribd.com/document/888641383/Statistics-12th-Edition-by-James-T-McClave>

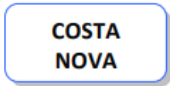
- Mejía, G., & Triny, C. (2007). *Seguimiento de la productividad en obra*. Revista UIS Ingenierías: Vol. 6, N°. 2. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6299721>
- Ministerio De Trabajo Y Seguridad Social. (2025). *Lista de salarios mínimos del sector privado*. Obtenido de <https://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/lista-salarios.html>
- Mosagres CR. (2025). *Costa Nova - Technical data sheet*. Costa Rica: Equipe Cerámicas.
- O'Neill, C. &. (2013). *The Impact of Fatigue on Labour Productivity: Case Study of Dam Construction Project in Queensland*. Bangkok, Tailandia.: En Proceedings of the 4th International Conference on Engineering, Project and Production Management (pp.993–1004). Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/263173988\\_The\\_Impact\\_of\\_Fatigue\\_on\\_Labour\\_Productivity\\_Case\\_Study\\_of\\_Dam\\_Construction\\_Project\\_in\\_Queensland](https://www.researchgate.net/publication/263173988_The_Impact_of_Fatigue_on_Labour_Productivity_Case_Study_of_Dam_Construction_Project_in_Queensland)
- Oglesby, C. H. (1989). *Productivity improvement in construction*. McGraw-Hill. Obtenido de <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/JCCEAZ.0000445>
- Omopariola, E., Edwards, D., & Chileshe, N. (2021). Attributes and impact of advance payment system on cash flow, project and organisational performance. *Journal of Financial Management of Property and Construction*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/356439084\\_Attributes\\_and\\_impact\\_of\\_advance\\_payment\\_system\\_on\\_cash\\_flow\\_project\\_and\\_organisational\\_performance](https://www.researchgate.net/publication/356439084_Attributes_and_impact_of_advance_payment_system_on_cash_flow_project_and_organisational_performance)
- OpenStax. (2016). *Introductory Statistics*. Rice University. Obtenido de [https://assets.openstax.org/oscms-prodcms/media/documents/IntroductoryStatistics-OP\\_i6tAI7e.pdf](https://assets.openstax.org/oscms-prodcms/media/documents/IntroductoryStatistics-OP_i6tAI7e.pdf)
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2008). Medición del trabajo decente. Obtenido de [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjS3a37mv-OAxW6TDABHfQmAbYQFnoECBgQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ilo.org%2Fes%2Fmedia%2F127096%2Fdownload&usg=AOvVaw3G\\_sN2laDoE5r3B--Tg2X3&opi=89978449](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjS3a37mv-OAxW6TDABHfQmAbYQFnoECBgQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ilo.org%2Fes%2Fmedia%2F127096%2Fdownload&usg=AOvVaw3G_sN2laDoE5r3B--Tg2X3&opi=89978449)
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2019). *Working on a warmer planet: The impact of heat stress on labour productivity and decent work*. Switzerland: International Labour Office. Obtenido de <https://www.ilo.org/publications/major-publications/working-warmer-planet-effect-heat-stress-productivity-and-decent-work>
- Ortiz, G., Paniagua, E., & Sandoval, M. (2009). Costos de Construcción. *INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA*.
- Randolph, T., Horman, M., Minchin, E., & Chen, D. (2002). Improving Labor Flow Reliability for Better Productivity as Lean Construction Principle. *Journal of Construction Engineering and Management*. Obtenido de <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282003%29129%3A3%28251%29>
- Rathnayake, A., Murguia, D., & Middleton, C. (2024). Measuring Activity-Level Construction Productivity. *Journal of Construction Engineering and Management, Volume 150, Issue 8*, <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-1460>. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/381327729\\_Measuring\\_Activity-Level\\_Construction\\_Productivity](https://www.researchgate.net/publication/381327729_Measuring_Activity-Level_Construction_Productivity)

- Ruiz Olabuénaga, J. (2012). *Metodología de la investigación cualitativa*. Bilbao: Universidad de Deusto. Obtenido de [https://padlet-uploads.storage.googleapis.com/650896746/789220c3d9ae17def46dc78cf11e96bb/Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_cualitat.pdf](https://padlet-uploads.storage.googleapis.com/650896746/789220c3d9ae17def46dc78cf11e96bb/Metodologia_de_la_investigacion_cualitat.pdf)
- Sezer, A., & Fredriksson, A. (2021). Construction logistics and material delivery: Current practices at construction sites in Sweden. *Logistics*, 5(3), 49. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2305-6290/5/3/53>
- Sherwin Williams de Centroamérica. (2020). *COLONIAL STYLE SherTech 6000*. Obtenido de <blob:https://www.sherwinca.com/b786688b-810e-4cd6-b01f-6c75f955d65d>
- Taylor, S., Bogdan, R., & DeVault, M. (2015). *Introduction to Qualitative Research Methods: A Guidebook and Resource*. Canada: John Wiley & Sons, Inc. Obtenido de <https://nwimsr.mespune.org/wp-content/uploads/2024/09/Introduction-to-Qualitative-Research-Methods-PDFDrive-.pdf>
- Vintimilla, M., Delgado, P., & Mendoza, N. (2022). Análisis de metodologías creativas para la toma de rendimientos de mano de obra. *Polo del Conocimiento, Edición núm. 70, Vol 7, No 9*, 1277-1295. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9401495>
- Wong, P., Ng, T., & M., S. (2013). Towards understanding the contractor's response to carbon reduction policies in the construction projects. *International Journal of Project Management*, Pages 1042-1056. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786312001603>
- Yıldız, A., Alver, B., Özçelik, B., & Zeybek, H. (2024). Examining the impact of material management practices on project performance in the construction industry. *Master's Thesis*, 14(7):2076. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/7/2076>

# Anexos

## Anexo 1. Ficha técnica enchape Costa Nova Terra



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS – TECHNICAL DATA SHEET

a) DIMENSIONES – DIMENSIONS

Característica <i>Characteristic</i>	Norma <i>Norm</i>	Valor medio según dimensión nominal N <i>Average value depending on nominal dimension N</i>		
		7 cm ≤ N < 15 cm	N ≥ 15 cm	
Longitud y anchura <i>Length and width</i>	EN ISO 10545-2	± 0.75 mm	± 0.5 %	± 2.0 mm
Espesor <i>Thickness</i>	EN ISO 10545-2	± 0.5 mm	± 10 %	± 0.5 mm
Rectitud de lados <i>Straightness of sides</i>	EN ISO 10545-2	± 0.5 mm	± 0.3 %	± 1.5 mm
Ortogonalidad <i>Rectangularity</i>	EN ISO 10545-2	± 0.75 mm	± 0.5 %	± 2.0 mm
Planitud de la superficie <sup>1</sup> <i>Surface flatness</i>				
Curvatura central <i>Central curvature</i>	EN ISO 10545-2	+ 0.75 mm	+ 0.5 %	+ 2.0 mm
		- 0.50 mm	- 0.3 %	- 1.5 mm
Curvatura lateral <i>Side curvature</i>	EN ISO 10545-2	+ 0.75 mm	+ 0.5 %	+ 2.0 mm
		- 0.50 mm	- 0.3 %	- 1.5 mm
Alabeo <i>Warp</i>		± 0.75 mm	± 0.5 %	± 2.0 mm

**b) PROPIEDADES FÍSICAS – PHYSICAL PROPERTIES**

Característica <i>Characteristic</i>	Norma <i>Norm</i>	Valor medio <i>Average value</i>
Absorción de agua <i>Water absorption</i>	EN ISO 10545-3	> 10 % (BIII)
Fuerza de rotura <i>Breaking of rupture</i>	EN ISO 10545-4	> 600 N
Resistencia mecánica <i>Modulus of rupture</i>	EN ISO 10545-4	> 12 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia al rayado (MOHS) <i>Scratch hardness (MOHS)</i>	EN 101	3
Resistencia al choque térmico <i>Resistance to thermal shock</i>	EN ISO 10545-9	Garantizada <i>Guaranteed</i>
Resistencia al cuarteo <i>Crazing resistance</i>	EN ISO 10545-11 ASTM C424	Garantizada <i>Guaranteed</i>

<sup>1</sup> Se debe medir en la cara no vista de la pieza, debido a la superficie con relieve de las piezas / *Flatness must be measured in the back of the tiles, due to the setoff surface of the tiles*



**COSTA  
NOVA**

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS – TECHNICAL DATA SHEET**

Característica <i>Characteristic</i>	Norma <i>Norm</i>	Valor medio <i>Average value</i>
Pequeñas diferencias de color <i>Slight colour differences</i>	EN ISO 10545-16	$\Delta E_{cmc} < 0.75$
Reacción al fuego <i>Reaction to fire</i>	---	A1- s1, d0

**c) PROPIEDADES QUÍMICAS – CHEMICAL PROPERTIES**

Característica <i>Characteristic</i>	Norma <i>Norm</i>	Valor medio <i>Average value</i>
Resistencia a las manchas <i>Resistance to stains</i>	EN ISO 10545-14	5
Resistencia a productos químicos <i>Chemical resistance</i>		
Ácidos y álcalis de baja concentración <i>Low concentration acids and alkalis</i>	EN ISO 10545-13	GLA
Ácidos y álcalis de alta concentración <i>High concentration acids and alkalis</i>		GHB
Productos domésticos <i>Household chemicals</i>		GA

# Anexo 2. Ficha técnica fragua sin arena Permacolor



## PERMACOLOR® SELECT NS

### JUNTA SIN ARENA RESISTENTE A MANCHAS

PERMACOLOR® SELECT NS es una junta cementicia sin arena alto desempeño, resistente a las manchas, de secado rápido y baja contracción e incorpora sellador en su mezcla. Está diseñada prácticamente para todos los tipos de instalaciones residenciales y comerciales y ofrece un desempeño óptimo en las aplicaciones interiores y exteriores más exigentes. Es fácil de mezclar, aplicar y limpiar, fragua rápidamente y es ideal para juntas de hasta 6 mm.



Este producto ha sido certificado por una baja emisión química (ULCOM/CG UL2818) bajo el programa de certificación UL GREENGUARD. Para emisiones químicas. Para materiales de construcción, acabados y recubrimientos (UL 2818 Standard) por UL Environment. El contenido total de COV expresado en gramos/litro (libras/galón) en producto sin usar es 0.00 g/l (0.00 lb/gal).



Reforzado con fibra - resistente a grietas y contracción.

## VENTAJAS

- Supera los requisitos de la norma A118.7 de ANSI
- No necesita sellarse - incluye la tecnología de sellador STONETECH®
- Reforzado con fibra - resistente a grietas y contracción
- Color uniforme e intenso, minimiza la eflorescencia
- Fragua rápidamente, permite el tránsito peatonal en solo 3 horas
- Certificación GREENGUARD, bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles
- Contiene protección antimicrobiana MICROBAN®
- Disponible en 40 colores

## FABRICANTES

Base hecha y distribuida en Costa Rica por:  
LATICRETE de Costa Rica, S.A.  
Alajuela, Costa Rica  
Kit de color hecho en Estados Unidos por:  
LATICRETE® INTERNACIONAL, INC.  
Bethany, CT 06524-3423 USA  
Importado y distribuido en Centroamérica por:  
Laticrete® de Costa Rica, S.A.

## USOS

- Para instalaciones residenciales y comerciales
- Aplicaciones interiores y exteriores
- Espesores de junta de 1.5 mm hasta 6 mm en pisos y paredes
- Para áreas secas y húmedas
- Apto para inmersión continua

## CERTIFICACIONES

**ANSI** 118.7 | Juntas cementicias de alto desempeño

**ISO 13007** Clasificación ISO: CG2-AWF  
CG2 | Junta cementicia de alto desempeño  
A | Resistente a la abrasión  
W | Absorción reducida (sellador incorporado)  
F | Fraguado rápido

**INTE** C105

**MICROBAN®**  
Formulado con Protección Antimicrobiana

**PRESENTACIÓN:**

Base: bolsa de 3.6 kg (8 lbs) + Paquete de color 100 g (0.22 lbs)\*\*

**TIEMPO DE VIDA:**

Los empaques sellados de fábrica de este producto están garantizados por su alta calidad durante el periodo mencionado a continuación, siempre y cuando se almacenen bajo techo, enterrados y en condiciones frescas a 25°C y 50% de humedad relativa.

- Bolsas de 3.6 kg (8 lbs): un (1) año
- Paquete de color de 100 g (0.22 lbs): cinco (5) años\*\*

\*\* Utilice los 2 paquetes de pigmento No. 22 Midnight Black cuando prepare este color, ambos paquetes son provistos en la caja de empaque.

**LIMITACIONES:**

- Los adhesivos, morteros para nivelación, morteros para juntas no son sustitutos de las membranas impermeabilizantes. En caso de requerir una, utilizar la membrana impermeabilizante HYDRO BAN®
- Utilice SPECTRALOCK® 2000 IG cuando necesite una junta resistente a los químicos
- No utilice ácido muriático (ácido clorhídrico) para limpiar la junta. Utilice limpiadores a base de ácido fosfórico como STONETECH® Restore™ según indicaciones del material. STONETECH® Restore™ debe utilizarse en juntas endurecidas
- Las condiciones del lugar de trabajo afectarán la percepción del color definitivo de los morteros para juntas. Aplique en un pequeño sector de prueba para determinar los resultados antes de colocar el mortero para juntas en toda la superficie
- Ciertos tipos de revestimientos cerámicos son más absorbentes que otros y captarán los pigmentos de color durante la aplicación del mortero para juntas. Antes de aplicar el mortero para juntas, realice una prueba de absorción del color. Los revestimientos porosos deberán sellarse antes de aplicar el mortero para juntas
- Para garantizar la consistencia de color en la junta, se recomienda preparar kits completos de PERMACOLOR® SELECT NS

- Nota: Las superficies deben ser estructuralmente firmes, estables y lo suficientemente rígidas para soportar el revestimiento cerámico (cerámica y porcelanato). La deflexión del sustrato con cargas vivas, muertas y de impacto, incluyendo a las cargas concentradas, no debe sobrepasar de L/360 en instalaciones de revestimientos cerámicos delgados o L/480 en instalaciones de piedra delgadas, en donde L= longitud de tramo.

**PRECAUCIONES:**

Antes de usar cualquier producto LATICRETE®:

- Consulte [www.laticrete.com](http://www.laticrete.com) para obtener boletines técnicos o información actualizada sobre el producto y su aplicación
- Comuníquese con su representante de ventas técnico local de LATICRETE si tiene alguna pregunta
- Consulte la MSDS para PERMACOLOR® SELECT NS para obtener más información de seguridad
- Proteja el trabajo terminado del tránsito y condiciones ambientales adversas como viento, lluvia y altas temperaturas
- Evite respirar el polvo y utilice un respirador en lugares con mucho polvo. Revise los protocolos de seguridad con el encargado de su proyecto
- Proteger de polvo, suciedad y contaminación por un periodo de al menos 5 días después de instalar
- En salas de vapor o aplicaciones sumergidas se debe dejar curar por un periodo de al menos 10 días antes de usar el área y llenarla con agua
- Puede irritar los ojos y la piel. Evite el contacto con los ojos o el contacto prolongado con la piel. En caso de contacto, enjuague bien con agua
- Mantener fuera del alcance de los niños
- Aplique en una pequeña área de prueba para determinar los resultados antes de aplicar la junta en toda la superficie



## INFORMACIÓN TÉCNICA

### PROPIEDADES DE DESEMPEÑO:

ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO	DETALLE	RESULTADO
Absorción de agua	ANSI 118.7 4.4.	< 5%	3.0 - 4.0 %
Resistencia a la compresión con 28 días de curado	ANSI 118.7 4.5.	>20.69 MPa	24 - 25 MPa
Resistencia a la tensión con 28 días de curado	ANSI 118.7 4.6.	> 3.45 MPa	3.6 - 3.6 MPa
Resistencia a la flexión con 28 días de curado	ANSI 118.6 4.7.	> 6.90 MPa	6.9 - 7.2 MPa
Contracción lineal con 28 días de curado	ANSI A118.6 4.3.	< 0.30%	< 0.10%

### PROPIEDADES DE TRABAJO:

Tiempo de vida útil en balde	30 - 45 min a 21°C
Tiempo de fraguado final	3 horas
Tiempo de espera para el tránsito pesado	6 horas
Tiempo de espera para el tránsito liviano	3 horas

Las especificaciones están sujetas a cambios sin notificación. Los resultados exhibidos son representativos, pero reflejan los procedimientos de pruebas utilizados. El desempeño real en el área de trabajo campo y los resultados de las pruebas dependerán de los métodos de instalación y las condiciones del sitio.

## INSTALACIÓN

### PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE:

Antes de aplicar PERMACOLOR® SELECT NS, extraiga los espaciadores y los residuos de las juntas, elimine el polvo y la suciedad con una esponja húmeda. No utilice limpiadores ácidos. Las juntas deben estar secas antes de aplicar el producto. La temperatura del sustrato debe estar entre 16°C y 32°C. Aplique un producto antiadherente o sellador para mortero si fuera necesario. Consulte los TDS 176 y TDS 400 para mayor información.

### MEZCLADO:

En un recipiente limpio, vierta 900 mL a 1100 mL de agua potable y deposite el paquete de color (100 g). ATENCIÓN: En caso de preparar PERMACOLOR® SELECT NS de color No. 22 Midnight Black, utilice las 2 bolsas de pigmento provistas en la caja de empaque. Asegúrese de eliminar el cartón del empaque y la bolsa plástica de protección que contiene las instrucciones de uso. (El paquete de color se diluye en contacto con el agua, NO extraiga el pigmento en polvo de su envoltorio.) No se deben utilizar aditivos retardantes, acelerantes o látex. Utilice un mezclador de bajas revoluciones para disolver el paquete de pigmento en el agua, procurando que el color sea uniforme y no persistan grumos o residuos del envoltorio de pigmento. Agregue la totalidad de la base de PERMACOLOR® SELECT NS mezcle con el mezclador de bajas revoluciones por 1 minuto o hasta obtener una mezcla homogénea. Deje reposar la mezcla de 5 a 10 minutos, seguidamente vuelva a mezclar durante 1 minuto.

### APLICACIÓN:

Asegúrese que la superficie y las juntas están limpias y secas. Aplique PERMACOLOR® SELECT NS utilizando las técnicas estándar para fraguar. Extienda con una llana de goma para mortero inclinada a 45° en diagonal a las juntas, hasta rellenar por completo. Asegúrese de que PERMACOLOR® SELECT NS rellene la junta y de que no quede solo sobre la superficie (es decir, "formando puentes en las juntas"). Remueva la mayor cantidad de material antes de la limpieza inicial. Utilice una llana de goma indicada para fraguar.

- Nota: Si el mortero para juntas comienza a endurecerse durante la instalación, vuelva a mezclar con el mezclador durante 10 a 15 segundos. NO AGREGUE MÁS AGUA.

**LIMPIEZA:**

Espere aproximadamente 20 a 30 minutos a 21 °C (70 °F) para realizar la primera limpieza. Es posible que tenga que esperar más tiempo para juntas más anchas o en temperaturas más frías. Realice la limpieza inicial frotando la superficie con una esponja levemente humedecida, de forma circular. Cambie el agua de limpieza y lave la esponja frecuentemente. Utilice una esponja indicada para fraguar.

La segunda limpieza se debe realizar con la esponja levemente humedecida, trabajando sobre las juntas en sentido diagonal. Puede utilizar un paño de microfibra.

Deje secar durante 3 horas a 21°C (70°F). En caso de que quede algún velo o residuo, remuévalo con una esponja húmeda o paño seco de microfibra.

- Nota: La limpieza de las juntas cementicias debe realizarse el mismo día de la instalación. No se recomienda limpiar una junta de cemento al día siguiente de la instalación. Las limpiezas tardías dificultan el proceso de limpieza y afectan el acabado del material. Nunca utilice esponjas abrasivas para limpiar un mortero para junta.

**GARANTÍA**

LATICRETE® garantiza que PERMACOLOR® SELECT NS, únicamente contra defectos de fabricación por un periodo de un año a partir de su fecha de fabricación. El alcance de esta garantía se limita únicamente a sustituir aquellos sacos que se demuestren defectuosos, LATICRETE no será responsable por ningún costo adicional directo o indirecto. Asimismo, garantiza que se desempeñará de acuerdo con lo indicado en esta ficha técnica siempre que se sigan las instrucciones de LATICRETE y la industria.

Consulte por nuestras garantías de sistema.

**MANTENIMIENTO:**

Las juntas LATICRETE® deben limpiarse periódicamente con agua y producto de pH neutro. Comuníquese con un asesor LATICRETE® para mayor información acerca de la línea de productos de limpieza STONETECH®. El desempeño y la durabilidad de la instalación dependerán de la preparación del producto y el mantenimiento adecuada.

**SERVICIO TÉCNICO:**

Para obtener información y asistencia técnica referente a este producto u otros sistemas LATICRETE®, sírvase contactarnos a:

LATICRETE de Centroamérica

Teléfono: (506) 4701.5900

Sitio web: [www.laticrete.com](http://www.laticrete.com)

Correo electrónico: [info@laticrete.co.cr](mailto:info@laticrete.co.cr)

**SISTEMAS ESPECIALES:**

Podrá obtener más información sobre los productos en nuestro sitio web: [www.laticrete.com](http://www.laticrete.com).

**VIDEO DE APLICACIÓN**

Escanee el código QR o de clic y descubra el video paso a paso para realizar una correcta preparación e instalación de PERMACOLOR® SELECT.

**CONTÁCTESE CON NOSOTROS:****CENTRAL TELEFÓNICA:**

Costa Rica: +506 4701.5900

Panamá: +507 236.0966

Honduras, El Salvador y Guatemala: +504 3301.9265

**CORREO ELECTRÓNICO:**

[info@laticrete.co.cr](mailto:info@laticrete.co.cr)

**SITIO WEB:**

[www.laticrete.com](http://www.laticrete.com)

**REDES SOCIALES:**

Laticrete de Centroamérica

Laticrete\_ca

Laticrete Latinoamérica

Laticrete de Centroamérica

# Anexo 3. Ficha técnica pintura Látex Acrílico Ultra Mate



## SHERTECH 6000®

### LÁTEX ACRÍLICO ULTRA MATE BASES B5

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS	SISTEMAS RECOMENDADOS
<p>SherTech 6000, pintura látex 100% acrílica formulada para proyectos residenciales y comerciales donde se requiere el más alto desempeño y productividad por metro cuadrado.</p> <p>Diseñada en un acabado ultramate para enmascarar las imperfecciones en la superficie. Es una pintura con salpiqueo controlado que asegura retoques libre de marcas y cuenta con una mejora a la hora de hacer el traslape direccional del rodillo permitiendo retocar sin dejar huellas.</p> <p><b>VENTAJAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Acabado ULTRA MATE para enmascarar imperfecciones en superficies.</li> <li>Libre de marcas, mejora el traslape direccional del rodillo y permite retoques sin dejar huellas.</li> <li>Salpiqueo controlado, minimiza desperdicio y mantiene áreas y personas limpias.</li> <li>Excelente cubrimiento y rendimiento</li> <li>Disponible en blanco y en colores pasteles, intermedios y fuertes.</li> <li>Anti hongos, anti algas, anti líquenes.</li> <li>Uso exterior e interior.</li> </ul> <p><b>USOS RECOMENDADOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Exterior e Interior.</li> </ul> <p>Tipos de Superficie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bloque de Concreto</li> <li>Concreto / Repello</li> <li>Drywall / Gypsum / Tablayeso</li> <li>Stucco Cementicio</li> </ul>	<p><b>Color:</b> Amplia gama de colores acentuantes con el sistema de bases entintables de Sherwin-Williams.</p> <p><b>Rendimiento teórico a 1 mils:</b> 49.26 m2/gal - 51.20 2/gal (13.01 m2/L - 13.53 m2/l)</p> <p><b>Espesor recomendado:</b> 4 mils húmedo 1.35 mils seco</p> <p><b>Rendimiento al espesor mínimo Recomendado:</b> 36.49 m2/gal - 37.93 m2/gal (9.64 m2/L - 10.02 m2/L)</p> <p><b>Rango de rendimiento a 1 mano:</b> 34.79 m2/gal - 47.07 m2/gal (9.19 m2/L - 12.44 m2/L)</p> <p><small>Nota: Rendimiento teórico en base a color blanco y sujeto a porosidad de la superficie y herramienta utilizada.</small></p> <p><b>Tiempo de secado:</b> Dependiendo de la temperatura y la humedad</p> <p>Tacto: 30 min.</p> <p>Retocar: 2-4 horas</p> <p>Completo: 12 horas</p> <p><b>Brillo a 85°:</b> 0-5 (Mate)</p> <p><b>REDUCCIÓN</b></p> <p>Brocha/rodillo: 10-15% con agua</p> <p>Airless: No es necesario</p> <p><b>Sólidos/peso:</b> 52.20 - 54.74%</p> <p><b>Sólidos/volumen:</b> 33.06 - 34.36%</p> <p><b>Peso por galón:</b> 11.70 - 11.79 lb/gal ( 1.40 kg/l - 1.41 kg/l)</p>	<p><b>Acero/ Hierro</b></p> <p>Mantenimiento Liviano:</p> <p>1 mano Builders Base Anticorrosivo 6000 Rustop</p> <p>2 manos SherTech 6000 Látex Mate Bases</p> <p>Mantenimiento Domestico:</p> <p>1 mano Builders Base Anticorrosivo 4000 Colonial</p> <p>2 manos SherTech 6000 Látex Mate Bases</p> <p><b>Aluminio/Galvanizado</b></p> <p>1 mano Builders Base Anticorrosivo Base Agua</p> <p>2 manos SherTech 6000 Látex Mate Bases</p> <p><b>Bloques de concreto</b></p> <p>1 mano Builders Base Sellador de Bloques de Concreto 2 manos SherTech 6000 Látex Mate Bases</p> <p><b>Concreto/Repello. Stucco Cementicio (curadp 30 días)</b></p> <p>1 mano Builders Base Sellador para Concreto 6000 o Builders Base Optimizador de Color Color-Prime</p> <p>2 manos SherTech 6000 Látex Mate Bases</p> <p><b>Drywall</b></p> <p>1 mano Builders Base Sellador para Tablayeso o Builders Base Optimizador de Color Color-Prime</p> <p>2 manos SherTech 6000 Látex Mate Bases</p> <p><b>Madera</b></p> <p>1 mano Sherwood Sellador Base Agua</p> <p>2 manos SherTech 6000 Látex Mate Bases</p>

ARQ-Rev. 01/2020

Producto Centroamericano fabricado y vendido en Centro América y Panamá por Sherwin-Williams de Centro América  
Bajo Licencia de The Sherwin-Williams Company Cleveland, Ohio, propietaria de las marcas registradas.



# SHERTECH 6000®

## LÁTEX ACRÍLICO ULTRA MATE

### BASES B5

<p><b>Superficies previamente pintadas</b></p> <p>2 manos SherTech 6000 Látex Mate Bases</p> <p><b>CONDICIONES DE APLICACIÓN</b></p> <p>Aplique a una temperatura ambiente entre 10 °C y 38 °C, preferentemente cuando el clima es cálido y soleado. No aplique si hay pronóstico de lluvia.</p> <p><b>PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE</b></p> <p>Aplique Builders Solution Masilla para Grietas Sherwin-Williams para rellenar fisuras y otras imperfecciones, lije y limpie el polvo.</p> <p>Limpie todas las superficies removiendo el polvo, grasa, óxido, aceite, ceras, etc. Lave con agua y jabón y permita que la superficie seque.</p> <p>Cualquier problema de humedad o filtración debe ser corregido antes de pintar.</p> <p><b>Superficies nuevas</b></p> <p>Aplique un sellador Builders Base adecuado según el tipo de superficie a pintar.</p> <p><b>Superficies previamente pintadas</b></p> <p>Debe removerse toda pintura antigua o mal adherida con la ayuda de espátulas y cepillos de alambre de forma manual o mecánica.</p> <p>Si la superficie tiene yesamiento, lave para eliminar el polvo suelto, deje secar y aplique Builders Solution</p>	<p>Acondicionador de Superficies Sherwin-Williams.</p> <p>Si la pared tiene hongos, algas o moho, se debe remover antes de pintar con el Builders Solution Removedor de Hongos, Algas y Moho y luego aplicar el Builders Solution Inhibidor de Hongos para retardar su aparición futura.</p> <p><b>Superficies Brillantes</b></p> <p>Aplique una mano de Builders Solution Aparejo y Bloqueador de Manchas Sherwin Williams para eliminar el brillo sin necesidad de lijar.</p> <p>Para eliminar el brillo con lija utilice granulado fino para abrir el poro y generar adhesión. Limpie la superficie.</p> <p><b>Concreto/Repello, Bloques de Concreto y Stucco Cementicio</b></p> <p>Toda la superficie nueva debe estar curada según recomendación del fabricante.</p> <p>La superficie debe tener un pH entre 6-9 para aplicar el sistema de pintura recomendado.</p> <p><b>Superficies Metálicas</b></p> <p>La superficie debe estar libre de óxido y grasa.</p>	<p><b>EQUIPO DE APLICACIÓN</b></p> <p>Proteja los muebles y el piso en áreas a pintar. Antes de aplicar la pintura, asegúrese de homogenizarla bien.</p> <p><b>Brocha</b></p> <p>Use una brocha de cerda poliéster. Medida según se requiera.</p> <p><b>Rodillo</b></p> <p>En superficies lisas use una felpa de 3/8" de espesor. En superficies rugosas use una felpa de 1/4" de espesor.</p> <p><b>Airless</b></p> <p>Presión.....2000psi</p> <p>Boquilla.....0.017"- 0.021"</p> <p><b>INFORMACIÓN DE LIMPIEZA</b></p> <p>Limpie sus manos, herramientas y salpicaduras de pintura húmeda usando agua y jabón.</p> <p>Si se requiere lavar las superficies pintadas, se recomienda lavarlas con una esponja, agua y detergente suave después de 7 días.</p> <p><b>PRESENTACIONES DISPONIBLES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Galón y cubeta. Pregunte a su distribuidor por medidas especiales.</li> </ul>
---	---	---

Producto Centroamericano fabricado y vendido en Centro América y Panamá por Sherwin-Williams de Centro América  
Bajo Licencia de The Sherwin-Williams Company Cleveland, Ohio, propietaria de las marcas registradas.

ARQ-Rev. 01/2020



# SHERTECH 6000®

## LÁTEX ACRÍLICO ULTRA MATE

### BASES B5

<b>PRECAUCIONES</b>	<b>GARANTÍA</b>	<b>ADVERTENCIA</b>
<p>Evitar el contacto prolongado con la piel. Evitar el contacto con los ojos. Este producto puede causar irritación. En caso de accidente, lavar el área expuesta del cuerpo con abundante agua.</p> <p>No ingerir el producto, puede causar daños estomacales, náuseas, vómito y/o diarrea. Si es ingerido <b>NO INDUCIR AL VOMITO</b> y busque ayuda médica inmediatamente.</p> <p>Utilizar en lugares con buena ventilación. Si el usuario experimenta irritación respiratoria, sacar inmediatamente del lugar de exposición y en caso de interrupción de la respiración buscar ayuda médica inmediata.</p> <p><b>MANTENER FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS</b></p> <p><b>RECOMENDACIONES</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Asegúrese de almacenar la pintura en recipientes herméticamente cerrados en un lugar fresco y seco.</li><li>2. No almacene la pintura diluida.</li></ol>	<p><b>GARANTÍA:</b> SHERWIN-WILLIAMS de Centro América garantiza la satisfacción de sus clientes con productos de calidad que cumplen con las especificaciones y usos para los que ha sido fabricado. Esta garantía queda supeditada a que el producto haya sido aplicado y la superficie haya sido preparada de conformidad a las especificaciones de la hoja técnica e instrucciones del fabricante. En caso que se encuentre un producto defectuoso en el envase, SHERWIN-WILLIAMS de Centro América puede optar por reemplazar una cantidad equivalente del mismo producto, o reembolsar el precio original de adquisición hasta 6 meses después de la fecha de la compra. En caso de que el defecto de la pintura aparezca sobre superficies ya pintadas, SHERWIN-WILLIAMS de Centro América puede optar por reparar el área afectada, o reembolsar el precio de la pintura que cubra dicha área, sin incluir los costos de remoción y aplicación. En todo caso de reclamos por defecto de producto es indispensable la presentación de la factura original, y la presentación del reclamo por escrito a Sherwin-Williams de Centro América. Sherwin-Williams de Centro América se reserva el derecho de aceptar o rechazar cada reclamo después de analizar cada caso individualmente. La presente garantía no será aplicable cuando los fallos sean el efecto de someter el producto a condiciones diferentes para las que fue diseñado y sin seguir las indicaciones, instrucciones y especificaciones de la hoja técnica. Esta garantía no será aplicable cuando falle el sustrato sobre el cual se aplica la pintura, cuando la pintura se vea afectada por hongos, algas o filtraciones de agua, o sales en el acabado o repello de la pared.</p>	<p>La información y recomendaciones establecidas en esta Hoja Técnica de Producto se basan en pruebas conducidas por parte de Sherwin-Williams de Centro América. Dicha información y recomendaciones aquí establecidas están sujetas a cambios y corresponden al producto tal y como se ofrece al momento de la publicación. Consulte con su representante de Sherwin-Williams para obtener la Hoja Técnica de Producto y el Boletín de Aplicaciones más reciente.</p>

Producto Centroamericano fabricado y vendido en Centro América y Panamá por Sherwin-Williams de Centro América  
Bajo Licencia de The Sherwin-Williams Company Cleveland, Ohio, propietaria de las marcas registradas.

ARQ-Rev. 01/2020

## Anexo 4. Ficha técnica sellador Pre Seal



### DATA TÉCNICA DE PRODUCTO

## Pre-Seal™ PS-183 Base Blanca de Látex Acrílico Int/Ext

#### Descripción:

Pre-Seal™ es una base de látex resina acrílica, modificada con pigmentos de gran rendimiento que cubren y preparan la superficie para la capa final. Tiene propiedades superiores de cubrimiento y sellado que se adhieren fuertemente a la superficie. Puede ser utilizada en superficies interiores y exteriores.

#### Cumple con los Requisitos:

MPI:	N/A
Green Performance 1:	N/A
Green Performance 2:	N/A
Cumplimiento COV (<100 g/L):	Sí
SCAQMD:	N/A
AIM & OTC:	N/A

#### Ventajas del Producto:

- Sella y cubre la superficie
- Penetra en superficies porosas y lisas
- Buena adhesión a superficies con atizamiento
- Para cubrir con pinturas a base de agua
- Brinda protección para la pintura a utilizar
- Limpia con agua

#### Usos:

Pre-Seal™ es excelente para superficies nuevas, previamente pintadas o brillosas. Para usar debajo de pinturas a base de agua en interiores y exteriores. Para uso en cemento, ladrillo, madera preparada, láminas de tabla yeso, fibrocemento, EIFS, etc.

#### Data Técnica:

Tipo de Producto:	Látex Resina Acrílica
Acabado:	Male (1° - 3°) *Geometría 60°
Sólidos (%):	37 ± 2% por peso 24 ± 2% por volumen
Peso/Galón:	11.0 ± 0.05 lbs. (5.02 ± 0.02 kg.)
Colors:	Blanco
Tiempo de secado:	Al tacto: 40-60 min. A reaplicar: 3-5 hrs.
Cubrimiento:	
Teórico:	Hasta 626 p <sup>2</sup> por galón @ 1 milésima
Recomendado:	400-450 p <sup>2</sup> /gal. (37-41 m <sup>2</sup> /gal.) @ 1.4 mil seca, 4 mils hum.
Presentaciones:	5 galones 1 galón
Dilución:	No es recomendable.
Flamabilidad:	No es flamable
Viscosidad:	Ku's
Porcentaje de pigmentos por peso:	± 2%
COV:	<100 g/L

Aviso: A nuestro entender, la información técnica que incluimos es precisa y correcta. Toda la información técnica e instrucciones publicadas están sujetas a cambio sin previo aviso.

S.D.S.: Disponible a petición.

#### Preparación de Superficie:

Toda la superficie debe estar seca, limpia, sana y libre de contaminantes tales como sucio, grasa, tiza, moho, aceite, óxido, agentes de curado de hormigón, yeso, lechada, eflorescencia y pintura suelta o agrietada. Elimine contaminantes lavando la superficie con un limpiador adecuado, lijando, raspando y/o utilizando una máquina de lavado a presión. Deje secar la superficie antes de continuar.

**Grietas y agujeros:** Deben estar limpios y secos. Con una espátula aplique Lanco® Siliconizer™ Crack Filler sobre la grieta y a 2 pulgadas de ambos lados, rellene todos los huecos con Lanco® Spackling Compound. Déjelo secar completamente por 24 horas.

**Superficies con moho o algas:** Cualquier moho existente en la superficie debe ser eliminado completamente y removido antes de la aplicación de la base o pintura. Cualquier moho no eliminado puede continuar creciendo a través del nuevo acabado. Utilizando un cepillo de mango largo, restriegue las superficies enmohecida con una mezcla de una parte de blanqueador de uso doméstico y tres partes de agua tibia. Enjuague completamente y deje secar.

**Superficies de concreto:** Morteros de yeso o cemento, estucado y bloques de concreto, deben estar curados y duros. Remueva de la superficie cualquier contaminante, agentes de liberación o de curado de hormigón, eflorescencia, etc. La superficie debe tener un nivel de pH seguro por debajo de 9 antes de la aplicación de pintura o base.

**Superficies previamente pintadas:** Toda la superficie debe estar seca, limpia, sana y libre de contaminantes tales como sucio, grasa, tiza, moho, aceite, óxido, agentes de curado de hormigón, yeso, lechada, eflorescencia y selladores para asegurar la unión al acabado previo. Revestimientos parcialmente removidos sueltos por ampollas, raspados o rotos deben ser removidos para proveer una superficie sólida.

**Eflorescencia:** Es un polvo blanco, parecido a depósitos de cristal que son visibles en las superficies de mampostería o cemento. Debe eliminarse usando una solución de 1 parte de ácido muriático y 3 partes de agua. Utilice un cepillo de mango largo. Enjuague completamente.

**Madera:** Lijar las áreas ásperas y aplicar base. El máximo aceptable de contenido de humedad anterior al revestimiento de madera nueva debe ser por debajo de 16%.

#### Método de Aplicación:

Agitar bien antes de usar. Pintar siempre en el lado sombreado del edificio. No diluya la pintura, utilice según suministrado. No aplique cuando la superficie o temperatura del aire estén por debajo de los 50 °F ó si se espera lluvia en las próximas 5 horas. Aplique el producto generosamente con brocha, rolo o pistola. Evite pasar el rolo o brocha excesivamente o dispersar demasiado. Las prácticas estándares típicamente recomiendan entremezclar cuando se esté trabajando con más de una paila o envase del mismo color, para asegurar la consistencia del color.

**Prueba de los niveles de pH:** Los niveles de pH deben estar por debajo de 9 antes de la aplicación de cualquier pintura o base. Si los niveles de pH están sobre 9 pero bajo 13, aplique Lanco® 100% Acrylic Roof & Wall Primer/Sealer AS-210 según las instrucciones antes de la aplicación adicional de bases y/o capas de acabado.

**Mezcla y dilución:** Mezclar bien antes de aplicar. Diluir no es recomendado, de ser necesario utilice sólo 8oz. de agua por cada galón de producto.

**Brocha:** Utilice una brocha de nilón PA-1982 o de poliéster PA-1999.

**Rolo:** Utilice un rolo Lanco® All-Purpose 3/8" Nap Roller PA-566. Aplique generosamente, evite pasar el rolo o brocha excesivamente o la re-elaboración de las áreas pintadas y evite dispersar demasiado.

**Pistola:** El equipo debe ser capaz de mantener una presión de 700-1000 psi con una punta de 0.015 a 0.019. Rocíe y reaplique en superficies ásperas o porosas para lograr la formación de la capa requerida. Aplique dos capas, se recomienda dejar secar una noche entre capa para minimizar agujeros "pinholes". Véase las recomendaciones de manufacturero del equipo.

**Precaución:** No aplique cuando la superficie o la temperatura del aire estén por debajo de 50 °F (10 °C). No exponga a temperaturas de congelación cuando almacene. Aplique generosamente sin sobre esparcir. Pare de pintar al menos dos horas antes de que se forme rocío o que las temperaturas desciendan por debajo de 50 °F (10 °C).

**Importante:** Es importante que aplique una capa de base y dos capas completas de pintura para conseguir la protección de la garantía.

**Garantía limitada:** La responsabilidad de los fabricantes en relación con la venta de este producto se extenderá únicamente al precio de reemplazo si se cumple con las especificaciones de aplicación.

**Precaución:** Peligroso si es ingerido. Contiene resinas acrílicas. En caso de contacto con los ojos, enjuague bien con agua. No se restrigue los ojos. En caso de contacto con la piel, enjuague inmediatamente con agua limpia. Si ingerido, no induzca el vómito. Consulte a un médico inmediatamente. Utilice solo con ventilación adecuada. Se requiere ventilación adecuada durante el lijado o pulido de la capa seca. Siempre utilice (NIOSH/MSHA TC21C o su equivalente.) Se recomienda utilizar gafas de seguridad cuando se utilice este producto. Este producto puede contener químicos conocidos por el Estado de California como causantes de cáncer, defectos de nacimientos y otros daños a la reproducción. Mantenga fuera del alcance de niños.

**Advertencia!** Si se raspa, lija o elimina la pintura vieja, puede liberar polvo de plomo. El plomo es tóxico. Exposición al polvo de plomo puede causar enfermedades serias, tales como daño cerebral, especialmente en niños. Mujeres embarazadas deben evitar la exposición. Utilice un respirador aprobado por NIOSH para controlar la exposición al plomo. Limpie cuidadosamente con una aspiradora HEPA y un mapeo mojado. Antes de comenzar, conozca cómo protegerse usted y su familia contactando la Línea de Servicio Nacional de Información de Plomo al 1-800-424-LEAD o conéctese a [www.epa.gov/lead](http://www.epa.gov/lead). Para emergencias químicas llame a ChemTrec 1-800-424-9300. Proteja de la congelación.



• NORTH AMERICA • 600 Mid Florida Drive Airport Industrial Park of Orlando, Florida 32824 • Tel. (407) 240-4000 Fax (407) 240-4046  
 • CARIBBEAN & SOUTH AMERICA • Urb. Aponte #5, San Lorenzo, Puerto Rico USA 00754 • Tel. (787) 736-4221 Fax (787) 736-5313  
 • CENTRAL AMERICA • Zona Industrial Bes, lote #4, El Coyal de Alajuela, Costa Rica • Tel. (506) 2438-2257 Fax (506) 2438-2162

# Apéndices

## Apéndice 1. Guía de la entrevista

Nombre		Género	
Fecha		Hora inicio	
Posición en la empresa		Hora finalización	

Pregunta	Respuesta
1. ¿Qué tipo de proyectos constructivos desarrolla principalmente la empresa?	
2. ¿Cuál suele ser la escala (tamaño, presupuesto) y duración promedio de estos proyectos?	
3. ¿Cuáles son las etapas o procesos constructivos donde más comúnmente se presentan diferencias entre lo presupuestado y lo ejecutado?	
4. ¿Qué factores considera que son las principales causas de estos desfases? ¿Son más técnicos, logísticos, humanos o externos?	
5. ¿Cómo se determinan los rendimientos actuales utilizados en los presupuestos y planificación?	
6. ¿Estos rendimientos se actualizan periódicamente? Si es así, ¿con qué frecuencia y bajo qué criterios?	
7. ¿La empresa evalúa estos rendimientos con base en métricas reales de obra (datos recolectados en campo) o se utilizan proyecciones teóricas/históricas?	
8. ¿Qué mecanismos de ajuste se aplican cuando ocurren sobrecostos o retrasos? ¿Hay estrategias preventivas o correctivas definidas?	
9. ¿Cómo se maneja la comunicación interna cuando se detectan desviaciones importantes en tiempo o presupuesto?	
10. ¿Se consideran variables como el clima, la ubicación del proyecto, la altitud, la jornada laboral o la temperatura para ajustar los tiempos y rendimientos esperados en obra?	

## Apéndice 2. Entrevista Ing. Marcela Amén

Nombre	Marcela Amén	Género	F
Fecha	6/6/2025	Hora inicio	3:10
Posición en la empresa	Gerente de proyectos	Hora finalización	3:25

Pregunta	Respuesta
1. ¿Qué tipo de proyectos constructivos desarrolla principalmente la empresa?	Industria médica, oficinas, remodelaciones internas
2. ¿Cuál suele ser la escala (tamaño, presupuesto) y duración promedio de estos proyectos?	Duración 4 meses-4.5 promedio Tamaño: 2000-6000m2 1millón a 5millones de dólares,
3. ¿Cuáles son las etapas o procesos constructivos donde más comúnmente se presentan diferencias entre lo presupuestado y lo ejecutado?	En las primeras etapas, al hacer las órdenes de compra y los m2 no coinciden, ofertas vencidas o incorrectas
4. ¿Qué factores considera que son las principales causas de estos desfases? ¿Son más técnicos, logísticos, humanos o externos?	Problemas de alcance, al ser remodelación se trabaja con planos as built, como no está como en la realidad, difieren medidas, la definición de estos trabajos es primordial
5. ¿Cómo se determinan los rendimientos actuales utilizados en los presupuestos y planificación?	Rendimientos por experiencia, desde presupuestos pasados. Con lecciones aprendidas cada proyecto transmite eso al resto
6. ¿Estos rendimientos se actualizan periódicamente? Si es así, ¿con qué frecuencia y bajo qué criterios?	Las lecciones aprendidas en las reuniones trimestrales, no hay criterio establecido
7. ¿La empresa evalúa estos rendimientos con base en métricas reales de obra (datos recolectados en campo) o se utilizan proyecciones teóricas/históricas?	Real pero histórico, según siempre con los presupuestos
8. ¿Qué mecanismos de ajuste se aplican cuando ocurren sobrecostos o retrasos? ¿Hay estrategias preventivas o correctivas definidas?	Cuando se ve un sobrecosto en un material, se busca hacer una ingeniería de valor, sea cambio de proveedor, modelos, marca, resguardando la especificación técnica
9. ¿Cómo se maneja la comunicación interna cuando se detectan desviaciones importantes en tiempo o presupuesto?	Internas al ser grupo de trabajo pequeño se lleva una trasabilidad semanal, Con el cliente, se usa un cuadro en donde se va actualizando todas las fechas de entrega
10. ¿Se consideran variables como el clima, la ubicación del proyecto, la altitud, la jornada laboral o la temperatura para ajustar los tiempos y rendimientos esperados en obra?	Sí, los indirectos en sitios calientes son mayores. El rendimiento de personal desgasta mucho

## Apéndice 3. Entrevista Ing. Victoria Sterling

Nombre	Victoria Sterling	Género	F
Fecha	9/6/2025	Hora inicio	4:20
Posición en la empresa	Ingeniera Residente	Hora finalización	4:50

Pregunta	Respuesta
1. ¿Qué tipo de proyectos constructivos desarrolla principalmente la empresa?	Mayormente remodelaciones oficinas corporativas, han empezado en el ámbito de naves industriales y cuartos limpios
2. ¿Cuál suele ser la escala (tamaño, presupuesto) y duración promedio de estos proyectos?	Tamaño: 3500m2 en promedio Presupuesto: 2.5 millones dólares Duración: 4 meses promedio
3. ¿Cuáles son las etapas o procesos constructivos donde más comúnmente se presentan diferencias entre lo presupuestado y lo ejecutado?	Mano de obra, hay un rango en donde los gerentes intentan estar siempre, las extras es complicado monitorearlo en un proyecto Tipo de presupuesto en ventanería cambia mucho, la validez de la cotización por temas de duración Movimiento de tierra, agregados, en esos puede haber mucha diferencia Importaciones, por los almacenas fiscales, por tiempos de envío, producción
4. ¿Qué factores considera que son las principales causas de estos desfases? ¿Son más técnicos, logísticos, humanos o externos?	Mano de obra: englobado de todo, la logística se empieza, dentro de cronograma, al final siempre se ocupa mayor tiempo aunque se cumpla con los plazos, para salir, confianza al inicio de la obra, no se prevé imprevistos, que haya atrasos en pagos proveedores, humano según el cliente, Ventanería: técnico ya que según tipo puede variar muchísimo, depende mucho si lo acepta el cliente, Movimiento de tierras es complicado técnicamente, siempre se intenta estimar, los agregados según su estado difieren mucho, otro factor mucho es el clima Importaciones: logístico, humano y externo, por plazos principalmente, la confianza que uno puede ponerle al subcontrato, externo por el clima por venir en avión o barco, en ciertos países según tiempo no tienen materia prima,
5. ¿Cómo se determinan los rendimientos actuales utilizados en los presupuestos y planificación?	Presupuesto: Precio base que tenga la empresa, depende de la experiencia laboral y las tablas de productividad de registro histórico
6. ¿Estos rendimientos se actualizan periódicamente? Si es así, ¿con qué frecuencia y bajo qué criterios?	Desconoce
7. ¿La empresa evalúa estos rendimientos con base en métricas reales de obra (datos recolectados en campo) o se utilizan proyecciones teóricas/históricas?	Desconoce

<p>8. ¿Qué mecanismos de ajuste se aplican cuando ocurren sobrecostos o retrasos? ¿Hay estrategias preventivas o correctivas definidas?</p>	<p>Hay ciertos proyectos que pueden poner líneas de imprevistos en el presupuesto Si no hay esa línea, se ve otras líneas para hacer un balance con otras actividades para compensar, la tabla de ganancia y pérdidas que tiene la empresa</p>
<p>9. ¿Cómo se maneja la comunicación interna cuando se detectan desviaciones importantes en tiempo o presupuesto?</p>	<p>Hacer comparativos haciendo un seguimiento al presupuesto, en caso de que no se pueda solucionar, informar directamente e inmediato al gerente</p>
<p>10. ¿Se consideran variables como el clima, la ubicación del proyecto, la altitud, la jornada laboral o la temperatura para ajustar los tiempos y rendimientos esperados en obra?</p>	<p>Sí, son factores obligatorios que en ingeniería deben de tomar en cuenta siempre, ubicación por ejemplo, subcontratistas aumentan según eso mismo, guanacaste todo aumenta.</p>

## Apéndice 4. Entrevista Ing. Fernando Betancurt

Nombre	Fernando Betancurt	Género	M
Fecha	26/6/2025	Hora inicio	2:10
Posición en la empresa	Jefe del departamento de presupuestos	Hora finalización	2:45

Pregunta	Respuesta
1. ¿Qué tipo de proyectos constructivos desarrolla principalmente la empresa?	Usuales: edica se especializa en obras de gran envergadura, institucionales, del gobierno, se abren a tipos como corporativos (asamblea legislativa, edificio de tribunales puntarenas), de salud (hospital de Heredia, de niños, hematología en el calderón), hospitales, clínicas y transporte (aeropuerto) Sector privado: gran gama, hotelería, ritzs, industria, zonas francas, centro de distribución, como Walmart, la coca cola en Liberia, toda obra privada como salud: la católica, entonces hay ambas salud privada y pública
2. ¿Cuál suele ser la escala (tamaño, presupuesto) y duración promedio de estos proyectos?	Duración 10 meses, 24 meses Tamaño: relativo, hay unas que no son tan grandes pero son caras, y otras más grandes pero sencillas, 15-25000m2 20-25 millones de dólares para ser rentable
3. ¿Cuáles son las etapas o procesos constructivos donde más comúnmente se presentan diferencias entre lo presupuestado y lo ejecutado?	Para llegar a un número final, se ocupa in acercamiento entre cliente y empresa, entra en juego la preconstrucción, acompañamiento con el cliente diseñador, haciendo costos según avance de planos <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Test it</li> <li>2. Revisión de planos</li> <li>3. As built</li> </ol>
4. ¿Qué factores considera que son las principales causas de estos desfases? ¿Son más técnicos, logísticos, humanos o externos?	Diferencia de costo es según el nivel de comunicación entre ambas partes, para definir la expectativa, si hay precio meta, acabados y procesos, si a uno al inicio le dicen una cosa pero luego en un 60% del proyecto llegan cosas caras, órdenes de cambio, ese número preliminar cambiará radicalmente por la comunicación, siendo que esas producciones pudieron de tomarse desde el inicio, en donde el precio final cambia hasta un 7%.
5. ¿Cómo se determinan los rendimientos actuales utilizados en los presupuestos y planificación?	Comunicación: desde el inicio no indican lo que se quiere, el alcance Incremento en costo de materiales de transporte, materiales, tipo de cambio, ubicaciones de los proyecto, no es lo mismo transporte en gam a lo que habría en una costa, no es sencillo conseguir mano de obra en las costas, que en la gam, hay que dar incentivos para poderlos atraer a la costa, eso impacta mucho los costos
6. ¿Estos rendimientos se actualizan periódicamente? Si es así, ¿con qué frecuencia y bajo qué criterios?	Depende del tipo de material, su ubicación, altura, influye la salud ocupacional debido al tipo de logística según solicitudes del cliente en cuanto a salud ocupaciones, y las ubicaciones interfieren, todo eso se ocupa saber previo Histórico, conocimiento en conocimiento previos en donde se llevan controles, para saber si es real dicho rendimiento,
	Base de datos que se actualiza proyecto a proyecto, todo es por experiencias previos, cada departamento de presupuesto se hacen reuniones con los gerentes, y se hacen la actualización según edica termina un proyecto. Toda esa información

<p>7. ¿La empresa evalúa estos rendimientos con base en métricas reales de obra (datos recolectados en campo) o se utilizan proyecciones teóricas/históricas?</p>	<p>Según lo indicado en el punto 5 y 6</p>
<p>8. ¿Qué mecanismos de ajuste se aplican cuando ocurren sobrecostos o retrasos? ¿Hay estrategias preventivas o correctivas definidas?</p>	<p>Cuando los proyectos se terminan, está el cierre de proyecto que se llama lecciones aprendidas, que están para bien y para mal, en donde se verán las diferencias, duraciones o costos se verán las variaciones, esa información se retroalimenta al departamento de presupuestos durante el proyecto, lo preventivo es la base de datos previa, lo que sobra se hace el balance con lo que falta del proyecto, el factor costo es sumamente dinámico, todas esas líneas al final que quedaron en rojo y luego con sobre costos, esas líneas deben de quedar en balance, por eso es un presupuesto, es que un presume qué va a ocurrir, esa intención para cuidarse es buscar dónde estamos holgados, para meter sobrecostos para apalea lo que posiblemente esté en rojo, pero no puede ser mucho tampoco para también ser competitivos.</p>
<p>9. ¿Cómo se maneja la comunicación interna cuando se detectan desviaciones importantes en tiempo o presupuesto?</p>	<p>Al final de los proyectos, si es muy importante, se hace un comunicado general previniendo sobre un proveedor, para que no se contrate más, cuando estos no cumplen las expectativas, la labor es corregir dichas imperfecciones.</p>
<p>10. ¿Se consideran variables como el clima, la ubicación del proyecto, la altitud, la jornada laboral o la temperatura para ajustar los tiempos y rendimientos esperados en obra?</p>	<p>Sí, se trabaja con seres humanos, su rendimiento depende de su comodidad en el proyecto, influye muchísimo. 50-70% podría bajar su rendimiento, no es lo mismo de día a trabajar de noche, este se pierde 20-35% de rendimiento, su producción. Alturas también cambian, la movilidad, el resguardo, los aditivos de seguridad, no es lo mismo según altura.</p>

## Apéndice 5. Ficha documental

Campo	Contenido
Tipo de documento	Excel de presupuesto
Acceso	Departamento de presupuesto de EDICA
Fecha de consulta	Junio del 2025
Nombre del proyecto	Varios
Objetivo de consulta	Registro de rendimientos
Resumen información recopilada	Solo se ubican costos mas no rendimientos
Relevancia	Saber cómo funciona la empresa para tener un contexto de ella y detectar posibles mejoras
Observaciones	