

Práctica Empresarial Como Auxiliar Residente En La Empresa Beton Ingenieros S.A.S

Ubicada En La Ciudad De Medellín, Antioquia

Samuel Rincón Medina

Director

Diego Iván Sánchez Tapiero

Maestría en Ingeniería Ambiental

Ingeniero Civil

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química

Programa Ingeniería Civil

Pamplona

2025

Práctica Empresarial Como Auxiliar Residente En La Empresa Beton Ingenieros S.A.S

Ubicada En La Ciudad De Medellín, Antioquia

Samuel Rincón Medina

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

Diego Iván Sánchez Tapiero

Maestría en Ingeniería Ambiental

Ingeniero Civil

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química

Programa Ingeniería Civil

Pamplona

2025

Dedicatoria

A Dios, por estar siempre de mi lado en cada paso que doy, por ser mi escudo ante cualquier adversidad.

A mi mamá, por hacer que mis sueños se cumplan por encima de los suyos, por amar cada etapa de mí y ahora acompañarme finalizando esta. Por ser un ejemplo tan grande para mí de cómo vivir y como amar.

A mi Papá, que, aunque no esté presente sigue tomando mi mano para guiarme hacía el mejor camino, porque sea donde esté, está muy feliz de ver a su hijo convertirse en profesional.

A mis hermanos, los cuales han sido hilo que tejiéndose al otro hicieron un trampolín para saltar hasta mis sueños, por su amor incondicional y compañía.

A los seres peludos que han estado cerca de mí, que me acompañaron en todo este proceso.

Que pasaron noches de traspasos junto a mí.

Y a cada una de las personas que con poco o mucho han aportado a este logro que no es solo mío, sino, de todos los que lo construyeron.

Agradecimientos

A Dios, por ser esa ruta de escape a mis dificultades, por ser mi escucha, por ser mi refugio.

A mi mamá, por desde pequeño acompañarme, todo lo que me das sin ser retribuido refleja
un amor inmenso.

A mi Papá porque en los 18 años que pude vivir con él, aprendí que ser buena persona te lleva
a lugares que no imaginas, por ser mi ejemplo y por ser mi Ángel.

A mi familia por el apoyo total que he recibido, a sido grato contar con personas que no
olvidan a quien quieren.

A la Universidad de Pamplona por ser mi casa de estudios, por ser esa institución que recibe
con los brazos abiertos y te despide con una titulación de la cual me siento muy orgulloso.

A Beton Ingenieros por ser la empresa la cual me da la oportunidad de realizar mis prácticas
empresariales, resultando en una experiencia enriquecedora para mí.

A el ingeniero Diego Sánchez por figurar como director del presente trabajo de grado, su
orientación, acompañamiento y por compartir sus conocimientos para el éxito de esta estancia de
prácticas empresariales.

A mis compañeros de Universidad con quienes he afrontado cada una de las asignaturas, cada
una de las noches largas de estudio y los días largos de risas, diversión y felicidad.

Y a cada uno de los que se me escapan, gracias.

Tabla de Contenido

	Pág
Resumen.....	12
Abstrac	14
Introducción	16
Objetivos	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos	18
Marco Referencial.....	19
Marco de antecedentes o estado del arte.....	19
Antecedentes internacionales.....	19
Antecedentes nacionales	20
Antecedentes regionales	21
Marco teórico	23
Recubrimientos industriales de poliuretano–cemento (PUC).....	24
Preparación del sustrato y perfiles de rugosidad.....	25
Adherencia de recubrimientos y pruebas pull-off.....	26
Medias cañas, juntas y encuentros en sistemas de protección	26
Sistemas de impermeabilización cementosos	27
Marco Legal	28

Marco Contextual	30
Extensión y Ubicación	31
Límites	32
Economía	32
Demografía	32
Cultura	33
Beton Ingenieros S.A.S.....	33
Metodología	34
Fase 1: Recopilación de la información.....	35
Técnicas e instrumentos utilizados:	35
Fase 2: Seguimiento al avance físico del proyecto	35
Técnicas e instrumentos utilizados:	36
Criterios de medición aplicados:.....	36
Fase 3: Supervisión técnica de los procesos	36
Supervisión del sistema de poliuretano–cemento (Mapefloor CPU+)	37
Supervisión de impermeabilización cementosa (Mapelastic Smart)	37
Técnicas e instrumentos utilizados:	37
Procedimientos de supervisión:	38
Fase 4: Generación de informes técnicos.....	38
1. Control de consumos	38
2. Programación.....	38
3. Trazabilidad	39
4. Integración de la información.....	39

Resultados	40
Proyecto 1: Pisos industriales fábrica Coltrópicos S.A.S	40
Presentación del proyecto	40
Actividades iniciales	42
Preparación de superficie	45
Construcción de muretes	50
Aplicación del sistema	57
Rendimientos de mano de obra	72
Proyecto 2: Impermeabilización de cubiertas en Hobby Homes	80
Presentación del proyecto	80
Actividades iniciales	81
Preparación de superficie	84
Aplicación del sistema	88
Rendimientos de mano de obra	100
Conclusiones	107
Recomendaciones	110
Referencias	112

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Niveles de CSP de rugosidad para diferentes sistemas de recubrimientos.</i>	46
Tabla 2 <i>Niveles de rugosidad en base a los mm de espesor a aplicarse.</i>	47
Tabla 3 <i>Muretes contratados vs ejecutados.</i>	54
Tabla 4 <i>Tabla de verificación de condiciones ambientales previo a instalación del recubrimiento.</i>	58
Tabla 5 <i>Resultados finales del proyecto.</i>	75
Tabla 6 <i>Cálculo de áreas de cubierta para impermeabilizar de Torre 1.</i>	97
Tabla 7 <i>Cálculo de áreas de cubierta para impermeabilizar de Torre 4.</i>	97
Tabla 8 <i>Cálculo de consumos para Torre 1.</i>	98
Tabla 9 <i>Cálculo de consumos para Torre 4.</i>	98
Tabla 10 <i>Comparación de consumos en impermeabilización.</i>	100

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Mapa de la ciudad de Medellín.</i>	31
Figura 2 <i>Planta exportadora de aguacate Hass de Coltrópico.</i>	41
Figura 3 <i>Programación inicial del proyecto.</i>	42
Figura 4 <i>Propuesta técnico-económica presentada a Green Yellow.</i>	43
Figura 5 <i>Plano de vista en planta de las zonas cotizadas para construcción de piso industrial.</i>	44
Figura 6 <i>Materiales incluidos dentro de la propuesta tecno-económica.</i>	44
Figura 7 <i>Puenteo de juntas de construcción de losa de concreto en sitio.</i>	46
Figura 8 <i>Perfiles de rugosidad a diferentes niveles de granallado.</i>	47
Figura 9 <i>Escarificado con máquina de superficie en “Pasillo de Maduradores”.</i>	48
Figura 10 <i>Cortes para generación de rozas de anclaje.</i>	49
Figura 11 <i>Gráfico de resistencia a la compresión vs edad en días del concreto.</i>	51
Figura 12 <i>Tabla de dosificación de concreto oficial de Argos.</i>	51
Figura 13 <i>Metros ejecutados de muretes por zonas.</i>	52
Figura 14 <i>Resultado de cantidades totales de material necesario para construcción de muretes.</i>	53
Figura 15 <i>Plano de muretes y recubrimiento ejecutado en obra.</i>	54
Figura 16 <i>Zona de mezclado de concreto con trompo de acuerdo con las dosificaciones.</i>	55
Figura 17 <i>Cemento usado en sitio y recipiente con medida de litros.</i>	55
Figura 18 <i>Encofrado de muretes a la altura requerida.</i>	56
Figura 19 <i>Desencofrado de muretes en “Pasillo de Maduradores”.</i>	56

Figura 20 Zona de mezclado para instalación de Mapefloor CPU+/MF.	61
Figura 21 Aplicación de Mapefloor CPU+/MF.	62
Figura 22 Medición de espesores de recubrimiento.	62
Figura 23 Control de consumos por zonas.	63
Figura 24 Adición controlada de polvo (componente C) de Mapefloor CPU+/RT.....	64
Figura 25 Aplicación de Mapefloor CPU+/RT y nivelación con rodillo de púas.	65
Figura 26 Detalles estándar de instalación de mediacaña Mapefloor CPU+/COVE.....	66
Figura 27 Alistamiento de cada uno de los componentes para mezcla de Mapefloor CPU+/COVE.	67
Figura 28 Construcción de mediacaña con Mapefloor CPU+/COVE.	68
Figura 29 Pintura de muretes y media caña con Mapecoat I 24.	69
Figura 30 Sello de junta entre panel y murete con Mapeflex MS 45.	71
Figura 31 Informe de obra proyecto Coltrópicos.	77
Figura 32 Proyecto finalizado.....	78
Figura 33 Toma de fábrica en funcionamiento con el recubrimiento instalado.....	78
Figura 34 Programación en Project.	79
Figura 35 Torres de Hobby Homes en un renderizado.....	80
Figura 36 Plano arquitectónico de planta de cubierta Torre 1.....	81
Figura 37 Plano arquitectónico de planta de cubierta Torre 2-4 y mezanine.....	82
Figura 38 Control de avance de obra con Microsoft Project.	83
Figura 39 Uso de maquina destroncadora para descontaminación de superficie.	85
Figura 40 Desbaste de losa y bordillos.....	85
Figura 41 Medición de fisuras.	86

Figura 42 <i>Lavado a presión de superficie.</i>	87
Figura 43 <i>Sello de fisuras con Mapeflex MS 45.</i>	87
Figura 44 <i>Mapeband easy.</i>	88
Figura 45 <i>Instalación de mapeband easy en esquinas.</i>	89
Figura 46 <i>Continuación de la impermeabilización en esquinas.</i>	90
Figura 47 <i>Impermeabilización de losa.</i>	92
Figura 48 <i>Rollos de mapetex sel n.</i>	92
Figura 49 <i>Mapelastic smart.</i>	94
Figura 50 <i>Mezcla de componentes con taladro de bajas revoluciones.</i>	95
Figura 51 <i>Aplicación de segunda capa con rodillo.</i>	96
Figura 52 <i>Área total de aplicación de Torre 1.</i>	99
Figura 53 <i>Área total de aplicación de Torre 4.</i>	99
Figura 54 <i>Generalidades del proyecto en el informe.</i>	103
Figura 55 <i>Rendimientos de insumos especiales descritos en el informe.</i>	103
Figura 56 <i>Plano de trazabilidad dentro del informe.</i>	104
Figura 57 <i>Finalizando impermeabilización de Torre 4.</i>	104
Figura 58 <i>Impermeabilización finalizada.</i>	105

Resumen

La práctica empresarial desarrollada en Beton Ingenieros S.A.S. permitió participar en la supervisión técnica y administrativa de proyectos de recubrimientos industriales e impermeabilización, logrando resultados medibles en términos de control de calidad, trazabilidad de materiales y validación de procesos constructivos especializados.

En el proyecto de pisos industriales de Coltrópicos S.A.S., se supervisó la instalación de los sistemas de poliuretano–cemento Mapecfloor CPU+/MF y Mapecfloor CPU+/RT, garantizando el cumplimiento de espesores especificados mediante mediciones sistemáticas con peine WFT y el control comparativo entre consumos teóricos y reales. Se verificó la correcta preparación del sustrato mediante escarificado hasta alcanzar el perfil de rugosidad requerido (CSP 7), la ejecución de cortes perimetrales de anclaje y el tratamiento de juntas mediante imprimantes y refuerzos definidos por el fabricante. Asimismo, se supervisó la construcción de los muretes en concreto, su acabado superficial y su recubrimiento final con pintura epóxica Mapeccoat I 24, asegurando continuidad, protección y resistencia química. Las medias cañas sanitarias fueron instaladas con el sistema Mapecfloor CPU+/COVE, validando la conformación geométrica, la adherencia del material y la compatibilidad con el sistema de piso. Durante la aplicación del sistema Mapecfloor CPU+/MF, se controlaron las condiciones ambientales requeridas por el fabricante, los tiempos de trabajabilidad, la secuencia de mezcla y la uniformidad de la aplicación en cada frente de trabajo.

En el proyecto de impermeabilización de cubiertas en Hobby Homes, se supervisó la instalación del sistema cementoso flexible Mapelastic Smart reforzado con Mapetex SEL N. La preparación del sustrato incluyó limpieza mecánica, correcciones localizadas y desbaste

mediante máquinas destroncadoras, garantizando una superficie apta para la adherencia del sistema. Se realizó el tratamiento de fisuras con Mapeflex MS 45, la instalación de Mapeband Easy en puntos singulares y la verificación de espesores y uniformidad entre capas. Como parte del control de calidad, se ejecutaron pruebas de estanqueidad para validar la continuidad del sistema impermeable y detectar posibles puntos críticos antes de la entrega parcial del frente de trabajo.

Los resultados evidencian la importancia del control técnico riguroso en proyectos de recubrimientos e impermeabilización: la medición de espesores, la trazabilidad de materiales, la preparación adecuada del sustrato y la verificación del cumplimiento de las fichas técnicas fueron determinantes para garantizar la durabilidad y el desempeño de los sistemas instalados. La experiencia fortaleció competencias en supervisión técnica en obra, análisis de rendimientos, control de calidad y documentación estructurada de procesos constructivos.

Abstrac

The professional internship carried out at Beton Ingenieros S.A.S. enabled active participation in the technical and administrative supervision of industrial flooring and waterproofing projects in Antioquia, achieving measurable results in quality control, material traceability, and verification of specialized construction processes.

In the industrial flooring project at Coltrópicos S.A.S., supervision covered the installation of the polyurethane–cement systems Mapefloor CPU+/MF and Mapefloor CPU+/RT, ensuring compliance with specified thicknesses through systematic wet-film gauge measurements and comparative control between theoretical and actual material consumption. Substrate preparation included scarification to achieve the required CSP 7 profile, perimeter anchorage cuts, and joint treatment using approved primers and reinforcement materials. Supervision also included the construction of concrete curbs, their surface finishing, and the application of the epoxy coating Mapecoat I 24 to ensure chemical resistance and surface continuity. Sanitary coves were installed using the Mapefloor CPU+/COVE system, verifying proper geometry, adhesion, and compatibility with the flooring system. During the application of Mapefloor CPU+/MF, environmental conditions, working times, mixing sequence, and application uniformity were monitored according to the manufacturer's technical guidelines.

In the roof waterproofing project at Hobby Homes, supervision involved the installation of the flexible cementitious system Mapelastick Smart reinforced with Mapetex SEL N. Substrate preparation included mechanical cleaning, localized corrections, and surface grinding using destroncadora equipment to ensure adequate adhesion of the system. Crack treatment with Mapeflex MS 45, installation of Mapeband Easy in singular points, and verification of coating uniformity were also performed. As part of quality control procedures, water-tightness tests were

carried out to validate the continuity of the waterproofing system and identify potential critical points prior to partial handover.

The results highlight the importance of rigorous technical supervision in industrial coating and waterproofing systems. Thickness verification, material traceability, proper substrate preparation, and compliance with technical data sheets were essential to ensuring the durability and performance of the installed solutions. The internship strengthened professional competencies in on-site technical supervision, productivity analysis, quality control, and structured documentation of construction processes.

Introducción

La supervisión técnica en la instalación de recubrimientos industriales y sistemas de impermeabilización es un proceso fundamental para garantizar la durabilidad, el desempeño y la seguridad de las superficies intervenidas. En empresas como BETON Ingenieros S.A.S., dedicadas a la ejecución de pisos industriales, recubrimientos de alto desempeño e impermeabilizaciones especializadas, la correcta preparación del sustrato, el control de espesores, la adherencia entre capas y el cumplimiento de las especificaciones del fabricante resultan esenciales para evitar fallas prematuras. Por ello, se hace necesario implementar procesos de supervisión rigurosos que aseguren la calidad final de los sistemas aplicados.

El problema técnico que motiva la elaboración de este trabajo radica en que una supervisión insuficiente puede generar riesgos significativos en obra. La falta de control sobre la preparación de la superficie, la aplicación inadecuada de recubrimientos, la omisión de refuerzos en zonas críticas o la ejecución incorrecta de medias cañas puede provocar delaminaciones, pérdida de adherencia, abrasión prematura, fisuramientos, filtraciones y, como consecuencia, reprocesos costosos y afectación del funcionamiento de las áreas intervenidas. Estos riesgos muestran la importancia de realizar un seguimiento técnico basado en normativa vigente y en las recomendaciones del fabricante.

El presente trabajo describe y analiza la supervisión técnica realizada durante la práctica empresarial, enfocada en la instalación de recubrimientos industriales del sistema Mapecfloor CPU+/MF y en la impermeabilización cementosa con Mapelastic Smart. Se presentan las actividades ejecutadas, las verificaciones técnicas realizadas y los resultados obtenidos, resaltando aspectos como el control de la preparación del sustrato, las condiciones de aplicación,

las pruebas de adherencia (pull-off) y la revisión de zonas críticas, incluyendo medias cañas, juntas, encuentros y pruebas de estanqueidad.

El alcance incluye la supervisión de procesos como el desbaste y granallado del sustrato, la ejecución de medias cañas, la instalación de recubrimientos industriales, la aplicación de la impermeabilización y el uso de pintura epóxica en elementos puntuales. Asimismo, abarca el control de espesores, la evaluación del perfil de rugosidad y la verificación del cumplimiento de las fichas técnicas proporcionadas por el fabricante. No se contemplan diseños estructurales, cálculos de ingeniería, análisis financieros ni actividades administrativas ajenas al proceso técnico constructivo.

Las actividades desarrolladas se sustentan en criterios técnicos y normativos que orientan la correcta preparación y protección de superficies. Entre las normas aplicadas se encuentran la NTC 4901 para impermeabilización cementosa; las normas europeas EN 13813 y EN 1504-2, relacionadas con el desempeño de recubrimientos industriales y protección del concreto; la ASTM D7234 para ensayos de adherencia; y la ASTM D4259 junto con la guía ICRI 310.2R para la preparación mecánica del sustrato. A ello se suman las especificaciones técnicas de los sistemas Mapei utilizados, que complementan las disposiciones normativas y establecen los parámetros obligatorios de aplicación.

Objetivos

Objetivo General

Realizar la práctica empresarial como auxiliar de ingeniero residente en la empresa Beton Ingenieros S.A.S con la finalidad de supervisar distintas obras relacionadas con la construcción de pisos en Antioquia.

Objetivos Específicos

1. Recopilar información técnica y administrativa relacionada con la instalación de pisos especializados, con el fin de comprender a fondo los procesos constructivos que se ejecutarán en obra y facilitar una participación activa y fundamentada en el desarrollo del proyecto.
2. Monitorear de forma continua el avance físico de las actividades de instalación de pisos industriales, rígidos, arquitectónicos y epóxicos, para identificar desviaciones respecto al cronograma establecido y contribuir al cumplimiento de los tiempos de ejecución propuestos.
3. Apoyar la supervisión técnica de los procesos constructivos en obra, con el objetivo de verificar que se realicen conforme a los diseños, especificaciones técnicas y normativas vigentes, garantizando así la calidad, seguridad y funcionalidad de los pisos instalados.
4. Elaborar informes técnicos periódicos sobre el desarrollo y estado de los trabajos en obra, con el propósito de consolidar información precisa y verificable que permita tomar decisiones informadas.

Marco Referencial

Marco de antecedentes o estado del arte

Antecedentes internacionales

La figura del ingeniero residente es clave en proyectos constructivos a nivel global, dado que cumple funciones de supervisión, coordinación y control técnico-administrativo. Según En Obra (2023), su rol consiste en garantizar que la ejecución de las obras cumpla con los planos, especificaciones técnicas y cronogramas. A través de una revisión bibliográfica y entrevistas con profesionales del sector, se concluyó que la gestión efectiva del residente mejora la calidad constructiva y evita reprocesos costosos.

MePresto (2024), por su parte, caracterizó las funciones del ingeniero residente en diferentes tipos de obras civiles mediante análisis de casos prácticos. El estudio identificó que la coordinación del personal técnico y operativo, junto con el control del cronograma, posicionan al residente como una figura fundamental en la gestión del tiempo y de la calidad de las obras.

Chipana Pérez (2020) desarrolló un manual técnico para residentes de obra en Bolivia, cuyo objetivo fue sistematizar recomendaciones prácticas para la planeación, organización y control de obras civiles. El autor aplicó una metodología documental y de experiencia profesional, proponiendo el uso de diagramas de Gantt, cronogramas de actividades y formatos de verificación normativa. El resultado fue una herramienta práctica para la gestión eficiente del avance de obra.

La Guía TE-10410 (s.f.) fue elaborada con el fin de ofrecer un manual funcional al ingeniero residente, identificando las habilidades personales y técnicas que debe poseer. A través de la sistematización de procesos comunes en obra, se establecieron pautas como la verificación previa de planos, la identificación de posibles problemas y el manejo adecuado del personal, fortaleciendo la toma de decisiones y la prevención de errores constructivos.

Torres Garay (2021), en su investigación aplicada en Lima (Perú), analizó los procesos de contratación y desempeño del ingeniero residente en obras civiles. Utilizando encuestas a profesionales activos, concluyó que las dificultades más frecuentes son la presión de estar a cargo de todo el proyecto, la imposibilidad de cuestionar decisiones de personal impuesto por el cliente y el manejo humano de los equipos de trabajo. Recomendó fortalecer la formación en liderazgo y resolución de conflictos como parte del perfil profesional.

Antecedentes nacionales

En Colombia, la práctica empresarial se reconoce como una herramienta formativa clave en la transición del estudiante hacia el ejercicio profesional. Páez Torralba (2024) documentó su práctica como auxiliar de ingeniería en Constructora Larami S.A.S., aplicando conocimientos académicos a tareas reales de obra. La experiencia contribuyó al fortalecimiento de competencias técnicas en programación de actividades y control de avances.

Rodríguez-Castro (2021) y Amado-Godoy (2021) realizaron su práctica en la empresa Castañeda Rodríguez Ingeniería & Arquitectura Ltda., participando en diversas actividades como levantamientos topográficos, control de obra y análisis de materiales. Ambos informes

destacan cómo el trabajo en campo permite afrontar situaciones imprevistas que no se estudian completamente en la teoría.

Useche-Albarracín (2023) se desempeñó como practicante en la empresa Mendebal S.A.S., apoyando el proyecto de construcción Ceiba. Su participación incluyó inspección de elementos estructurales, verificación de acero de refuerzo y ensayos de laboratorio, con lo cual fortaleció su comprensión del control de calidad en obra.

Perdomo Londoño (2018) resaltó, a partir de su experiencia en Vacab S.A.S., la importancia del control de costos y los mecanismos para iniciar contratos de obra pública. A través del seguimiento de decisiones en campo, evidenció cómo una buena gestión técnica también implica conocimientos administrativos.

Antecedentes regionales

En el departamento de Norte de Santander, varios estudiantes han registrado sus experiencias como auxiliares de ingeniero residente. Hernández Santiago (2017) participó en obras civiles municipales como pavimentación rígida, redes de acueducto y construcción de andenes, aplicando principios de planeación, seguimiento y evaluación técnica en campo.

Mosquera Mosquera (2021), en Viacol Ingenieros Contratistas S.A.S., apoyó proyectos aeroportuarios, enfocándose en mecánica de suelos, estructuras y logística de materiales. A través de su experiencia, evidenció cómo la planificación del suministro influye directamente en la ejecución eficiente de obra.

Valero Ramírez (2017), desde la Contraloría General del Departamento, desarrolló actividades de supervisión técnica de obras públicas, incluyendo elaboración de presupuestos y análisis de diseños. Su informe resalta el rol del ingeniero civil en la vigilancia de la inversión pública.

Mora Ballesteros (2022), en Proexi Ingeniería S.A.S., brindó apoyo en la instalación de redes sanitarias y pavimentación, aplicando conocimientos en manejo de subrasantes y diseño de pozos de inspección. Esto le permitió integrar conocimientos técnicos con condiciones reales del terreno.

Téllez López (2016), como practicante en Explanan S.A., intervino en proyectos viales en zonas rurales. Realizó seguimiento de cantidades de obra y planes de manejo de tráfico, destacando la importancia del cumplimiento de especificaciones técnicas en condiciones geográficas complejas.

En conjunto, los antecedentes revisados permiten sustentar el proyecto actual al aportar una comprensión clara sobre la importancia del ingeniero residente en la supervisión técnica, el control de procesos y la gestión eficiente en obra. Estos estudios ofrecen bases conceptuales sobre planeación, seguimiento de actividades, control de calidad y toma de decisiones, elementos esenciales para cualquier intervención constructiva. Sin embargo, los antecedentes también revelan vacíos importantes: si bien describen funciones generales del residente y experiencias formativas, no abordan la supervisión aplicada a sistemas especializados como los

pisos industriales de poliuretano–cemento y los sistemas de impermeabilización cementosa, ni detallan aspectos técnicos como la preparación del sustrato, el control de adherencia o el seguimiento de especificaciones de fabricantes y normas internacionales. Estos vacíos justifican la pertinencia del presente trabajo, el cual documenta y analiza la supervisión de estos sistemas en condiciones reales de obra, aportando evidencia práctica sobre procesos constructivos que no han sido suficientemente abordados en la literatura consultada. la pertinencia de prácticas en obras especializadas como los pisos industriales.

Marco teórico

La práctica empresarial en Ingeniería Civil es fundamental para consolidar el perfil profesional del estudiante, ya que posibilita aplicar los conocimientos teóricos en un entorno real, donde los retos técnicos y operativos demandan una actitud proactiva y capacidad de resolución fundamentada.

Uno de los cargos clave en este contexto es el del ingeniero residente, responsable de la supervisión técnica de la obra. Según la Guía Colombiana de Supervisión Técnica de Obra (ICONTEC, GTC 45), este profesional debe garantizar que los diseños y las especificaciones técnicas se cumplan, y optimizar el uso de los recursos disponibles. Sus funciones incluyen la interpretación de planos, coordinación del personal y elaboración de informes, requiriendo habilidades tanto técnicas como administrativas y de liderazgo.

El modelo pedagógico basado en competencias, promovido por entidades como COPNIA, destaca la importancia de habilidades como aplicar la ciencia y tecnología, trabajar en equipo y actuar con integridad (Cárdenas & Navas, 2012). En este sentido, la práctica empresarial se convierte en un escenario idóneo para evidenciar dichas competencias.

De igual forma, el modelo de aprendizaje experiencial de Kolb (1984) subraya que el conocimiento se construye mediante un ciclo de experiencia concreta, reflexión, conceptualización y aplicación activa. Estudios en ingeniería civil muestran que la participación en prácticas permite pasar eficazmente por este ciclo, facilitando un aprendizaje profundo y contextualizado (Bae et al., en Erbaş, 2023; C. E. Mora et al., 2017).

Además, investigaciones recientes en construcción evidencian que las prácticas en obra incrementan la comprensión del rol del ingeniero residente, mejoran la resolución de problemas y fomentan la capacidad de adaptación a situaciones reales (Erbaş, 2023).

En Colombia, la construcción exige un sólido entendimiento de normativas como la NSR-10, el Reglamento de Agua Potable y saneamiento, y el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS. El ingeniero residente debe asegurar la correcta aplicación de estas normas en cada fase de ejecución, lo que refuerza la necesidad de una formación combinada entre teoría y práctica.

BETON Ingenieros S.A.S. ofrece un entorno propicio para este aprendizaje, ya que permite al estudiante participar activamente en la planificación, ejecución y control de proyectos de pisos industriales y arquitectónicos, facilitando el desarrollo integral de competencias técnicas y profesionales.

Además, es necesario agregar las siguientes teorías aplicadas a los proyectos en que se participaron durante la práctica empresarial:

Recubrimientos industriales de poliuretano–cemento (PUC)

Los recubrimientos de poliuretano–cemento (PUC) son sistemas de alto desempeño diseñados para la protección y acabado de superficies sometidas a condiciones industriales exigentes. Estos materiales combinan resinas de poliuretano, cemento y agregados minerales, lo que le otorga

elevada resistencia a la abrasión, al impacto, a agentes químicos y a choques térmicos. Su composición híbrida permite que presenten un coeficiente de expansión térmica similar al del concreto, reduciendo el riesgo de delaminación frente a cambios bruscos de temperatura.

Este tipo de recubrimientos se utiliza principalmente en la industria alimentaria, farmacéutica y manufacturera, donde se requieren superficies higiénicas, continuas, impermeables y de fácil mantenimiento. La norma europea EN 13813 clasifica los morteros y recubrimientos para pisos y establece los requisitos de desempeño que deben cumplir, incluyendo resistencia mecánica, adherencia y resistencia al desgaste. El sistema Mapefloor CPU+/MF y Mapefloor CPU+/RT utilizado en la práctica empresarial se enmarca en esta categoría, y está diseñado para operar en ambientes sometidos a alto tránsito, humedad constante y exposición química.

Preparación del sustrato y perfiles de rugosidad

La preparación del sustrato es uno de los factores más determinantes en el desempeño de recubrimientos industriales e impermeabilizaciones. Una superficie inadecuadamente preparada puede generar fallas por pérdida de adherencia, delaminación, formación de ampollas, agrietamientos o desgaste prematuro.

La guía ICRI 310.2R define los Concrete Surface Profile (CSP) como perfiles de rugosidad estandarizados del 1 al 10, que permiten caracterizar la textura requerida según el sistema a instalar. Para recubrimientos de poliuretano–cemento como Mapefloor CPU+/MF o RT, se requiere típicamente un perfil CSP 5–7, obtenido mediante granallado extremo o escarificado profundo, métodos que aseguran una superficie mecánicamente abierta y libre de contaminantes.

Asimismo, la ASTM D4259 especifica los procedimientos mecánicos aceptados desbaste, escarificado, granallado para la correcta preparación de superficies de concreto antes de la

aplicación de recubrimientos o membranas. Un sustrato con rugosidad insuficiente o contaminado puede comprometer la adherencia del sistema y su desempeño en servicio.

Adherencia de recubrimientos y pruebas pull-off

La adherencia es la capacidad del recubrimiento para mantenerse firmemente unido al sustrato bajo cargas mecánicas, térmicas o químicas. Su evaluación es crítica en sistemas industriales, especialmente cuando se instalan recubrimientos de alto espesor o impermeabilizantes sometidos a presión de agua.

La ASTM D7234 establece el método para evaluar la resistencia a la tracción perpendicular (pull-off), mediante el uso de dollies adheridos a la superficie con un pegante estructural. Esta prueba permite identificar fallas cohesivas (en el recubrimiento), adhesivas (en la interfaz) o en el sustrato, y es un indicador directo de la calidad de la preparación inicial y del proceso de instalación. Cuando existen recubrimientos de 6 mm o más, es indispensable realizar corte perimetral para evitar interferencias de tensiones alrededor del dolly.

Medias cañas, juntas y encuentros en sistemas de protección

Las medias cañas (coves) son elementos constructivos empleados para dar continuidad entre pisos y muros, reduciendo la concentración de esfuerzos, evitando acumulación de humedad y garantizando condiciones sanitarias adecuadas en ambientes industriales. Su función es facilitar el recubrimiento continuo sin ángulos rectos, disminuyendo el riesgo de fisuramiento o desprendimiento en zonas críticas.

Para sistemas industriales de poliuretano–cemento, la correcta ejecución de medias cañas es fundamental para evitar fallas por impacto o tránsito. Aunque no existe una norma específica para este elemento, su función se relaciona directamente con los principios establecidos en la EN

1504-2, que regula la protección superficial del concreto y la continuidad de los sistemas aplicados. Mapei complementa estas orientaciones mediante las especificaciones del sistema Mapefloor CPU+/Cove, las cuales definen geometría, método de aplicación y compatibilidad con el recubrimiento principal.

Las juntas y encuentros también requieren tratamiento adecuado para garantizar la continuidad y desempeño del sistema. Una mala ejecución puede generar infiltraciones, pérdida de adherencia o propagación de fisuras hacia el recubrimiento.

Sistemas de impermeabilización cementosos

Los sistemas de impermeabilización cementosa son recubrimientos formulados a partir de cemento, cargas minerales y polímeros modificados, generalmente en presentación bicomponente (polvo + látex). Una vez mezclados, forman una pasta tixotrópica que, aplicada en capas sucesivas, crea una membrana continua adherida al sustrato. Estos sistemas se utilizan para proteger elementos de concreto expuestos a humedad, filtraciones, presión hidrostática positiva y variaciones ambientales.

Sus principales características incluyen:

- Alta adherencia al concreto gracias a la combinación cemento–polímero.
- Capacidad de puenteo de micro fisuras debido a la flexibilidad del componente polimérico.
- Resistencia a la intemperie y al ciclo hielo–deshielo.
- Compatibilidad dimensional con el sustrato, reduciendo riesgo de delaminación.
- Formación de una barrera impermeable frente a presión positiva.

Sistemas como Mapelastic Smart pertenecen a esta categoría y se utilizan en cubiertas, muros expuestos, cuartos húmedos, jardineras, cimentaciones y estructuras que requieren protección superficial.

Marco Legal

El desarrollo de actividades de construcción, supervisión técnica, aplicación de sistemas de impermeabilización y recubrimientos industriales en Colombia se enmarca en las siguientes disposiciones normativas:

Ley 30 de 1992: Establece el marco general de la educación superior en Colombia. En su artículo 28, reconoce las prácticas como una modalidad formativa que permite a los estudiantes aplicar conocimientos en contextos reales, facilitando la articulación entre la teoría y la práctica (Congreso de Colombia, 1992).

Resolución 02041 de 2016 del Ministerio de Educación Nacional: Establece los lineamientos para la organización y desarrollo de las prácticas formativas en programas de educación superior, definiendo responsabilidades tanto para las instituciones educativas como para las entidades receptoras de practicantes (MEN, 2016).

Resolución 0312 de 2019 del Ministerio de Trabajo: Establece los estándares mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), aplicables a todas las personas que desarrollen actividades en obras, incluyendo a los practicantes, quienes deben recibir inducción, formación en seguridad y utilizar los elementos de protección personal apropiados (Mintrabajo, 2019).

Código de Ética Profesional (Ley 842 de 2003): Es un catálogo que cita lo que se prohíbe, se exige y lo que puede inhabilitar a los profesionales de ingeniería civiles en Colombia,

asegurando que se cumplan principios éticos y profesionales en todas las actividades (Congreso de Colombia, 2003).

Normas Técnicas Colombianas (NTC): Emitidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Dentro de estas, la NTC 4901 es la norma aplicable a los sistemas de impermeabilización cementosa utilizados en cubiertas y superficies expuestas. Esta norma define requisitos de preparación del sustrato, refuerzos, espesores mínimos, continuidad del sistema y pruebas de estanqueidad, aplicables durante la instalación del sistema Mapelastic Smart en la práctica empresarial.

American Society for Testing and Materials (ASTM)
Publica normas técnicas utilizadas en la preparación del sustrato y en la verificación del comportamiento de recubrimientos industriales. Las normas aplicadas fueron:

- **ASTM D4259:** Regula la preparación mecánica del concreto mediante escarificado, granallado o desbaste, asegurando la eliminación de lechadas y la apertura del poro antes de instalar sistemas como Mapefloor CPU+.
- **ASTM D7234:** Establece el método para ensayar la resistencia de adherencia (pull-off), utilizado para evaluar la condición del sustrato y verificar que cumple los valores mínimos requeridos por los sistemas de poliuretano–cemento.

Instituto Internacional de Reparación de Concreto (ICRI)

ICRI 310.2R: define los perfiles de rugosidad del concreto (Concrete Surface Profile – CSP). Para sistemas de poliuretano–cemento como Mapefloor CPU+, se requiere un perfil CSP 5–7, alcanzado mediante granallado extremo o escarificado profundo, garantizando el anclaje mecánico necesario para su desempeño.

Normas Técnicas Internacionales (EN – European Norms)

En el desarrollo de la práctica empresarial se emplearon sistemas de recubrimientos industriales e impermeabilización fabricados por MAPEI, los cuales cuentan con certificación de conformidad bajo normas europeas que regulan el desempeño de estos materiales. Entre las más relevantes se encuentran:

- **EN 13813:** Norma que establece los requisitos de desempeño para morteros y recubrimientos utilizados en pisos, regulando valores de resistencia mecánica, comportamiento frente a la abrasión, adherencia y clasificación para tráfico industrial. El sistema Mapefloor CPU+/MF cumple esta normativa, garantizando su idoneidad para zonas sometidas a alto tránsito, impacto y desgaste.
- **EN 1504-2:** Norma que regula los sistemas de protección superficial del concreto, evaluando propiedades como permeabilidad, absorción capilar, resistencia química y durabilidad. El sistema Mapefloor CPU+/MF cumple esta norma debido a su capacidad para proteger el concreto frente a agentes químicos y condiciones exigentes de operación industrial.

Estas normas aseguraron que los sistemas instalados cumplieran criterios internacionales de calidad y desempeño durante los proyectos ejecutados en la práctica.

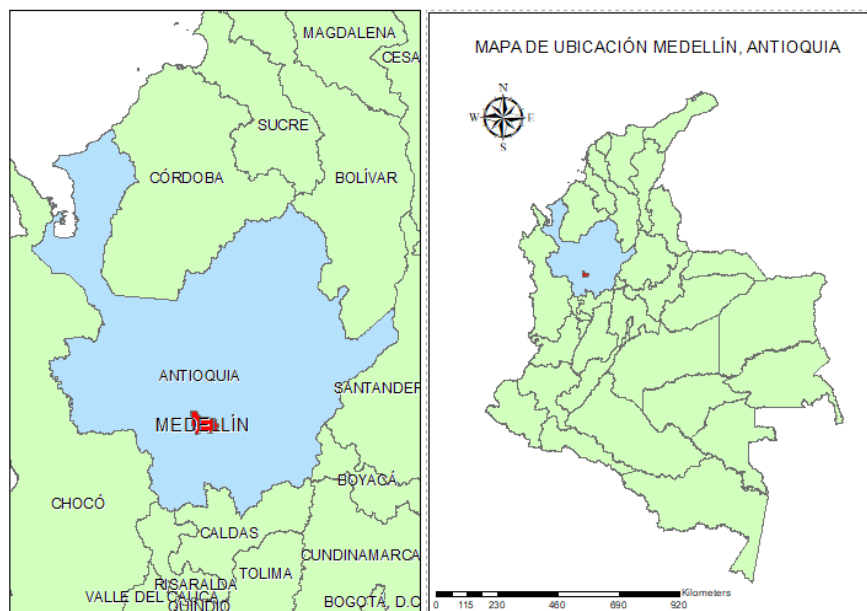
Marco Contextual

La ciudad de Medellín, capital del departamento de Antioquia, se ha consolidado como uno de los principales centros urbanos e industriales de Colombia. Con una población que supera los 2.5 millones de habitantes, Medellín enfrenta constantes desafíos en materia de infraestructura

urbana, vialidad, vivienda y desarrollo sostenible, lo que genera una alta demanda de proyectos de ingeniería civil que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

Figura 1

Mapa de la ciudad de Medellín.



Nota. La figura muestra la ubicación de la ciudad de Medellín a nivel país y departamental.

(ArcGIS, IGAC, 2025)

Extensión y Ubicación

Medellín está ubicada en el noroccidente de Colombia, en la región Andina, dentro del Valle de Aburrá, que forma parte de la cordillera Central de los Andes. Sus coordenadas geográficas aproximadas son $6^{\circ}14'41''$ N de latitud y $75^{\circ}34'29''$ O de longitud. Tiene una altitud promedio de 1.495 metros sobre el nivel del mar, lo que le otorga un clima templado primaveral durante la

mayor parte del año. La ciudad cuenta con una extensión territorial de aproximadamente 382 km², de los cuales más de 100 km² corresponden a suelos urbanos.

Límites

Medellín limita al norte con los municipios de Bello y San Pedro de los Milagros, al sur con Itagüí, La Estrella, Envigado y Sabaneta, al oriente con Guarne y Envigado, y al occidente con San Jerónimo y Heliconia. Estos límites ubican a Medellín en el centro del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, conformada por 10 municipios, lo que permite una articulación regional en términos de infraestructura, movilidad y desarrollo urbano.

Economía

Medellín tiene una economía diversificada con sectores como la industria manufacturera, servicios financieros, tecnología, comercio, turismo y especialmente la construcción. El sector de la construcción e infraestructura es uno de los más dinámicos y con mayor generación de empleo, gracias a la inversión pública y privada en proyectos de vivienda, urbanismo, movilidad y equipamientos públicos. La ciudad alberga empresas constructoras, firmas de diseño estructural, oficinas de interventoría y entidades estatales relacionadas con el desarrollo urbano.

Demografía

Según proyecciones del DANE (2023), Medellín tiene una población estimada de 2.6 millones de habitantes, siendo la segunda ciudad más poblada del país después de Bogotá. La densidad poblacional supera los 6.800 habitantes por km², lo que representa grandes retos en infraestructura, servicios públicos y movilidad. Además, existe una alta demanda de soluciones

habitacionales y de servicios que impulsan constantemente el crecimiento del sector construcción.

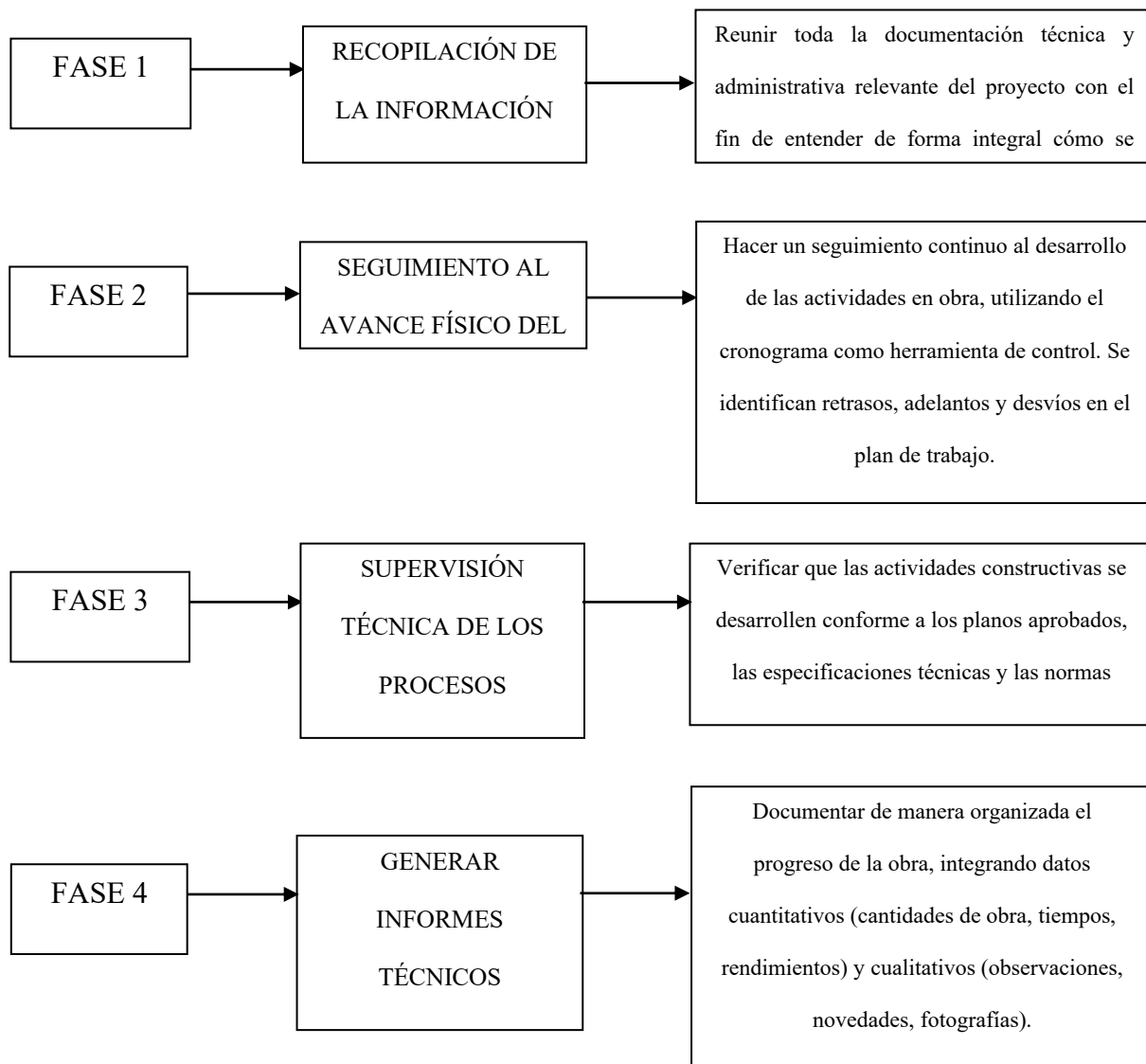
Cultura

Medellín ha sido reconocida por su resiliencia social, su transformación urbana y su vocación innovadora. Es considerada una de las ciudades más avanzadas de Latinoamérica en términos de urbanismo social y planificación territorial. La identidad paisa se caracteriza por el empuje, la creatividad y el sentido de comunidad. Esta cultura influye directamente en el entorno laboral, donde se valora la eficiencia, el compromiso y el aprendizaje continuo.

Beton Ingenieros S.A.S

Beton Ingenieros S.A.S es una empresa dedicada al sector de la construcción e industria, comprometida en ofrecer soluciones integrales, innovadoras y viables que cubren las necesidades específicas de cada proyecto. A través de un enfoque técnico-económico, responsable y ágil, se busca trabajar para superar las expectativas de cada cliente, brindando un servicio de alta calidad y eficiencia.

Metodología



La metodología desarrollada durante la práctica empresarial se estructuró a partir del enfoque planteado en el anteproyecto aprobado por la Universidad. Se organizaron cuatro fases principales, orientadas a la recopilación de información, el seguimiento del avance físico, la supervisión técnica de las actividades constructivas y la generación de informes técnicos. Esta estructura permitió llevar un control integral del proceso constructivo y garantizar la trazabilidad de las actividades realizadas en los proyectos asignados.

Fase 1: Recopilación de la información

Permitió identificar los requerimientos técnicos y operativos necesarios para planificar la supervisión y comprender los procesos asociados a los sistemas constructivos aplicados.

En esta fase se realizó la recolección de toda la documentación técnica y administrativa necesaria para comprender el alcance y los requerimientos de los proyectos ejecutados por Beton Ingenieros S.A.S. Se revisaron planos, propuestas técnico–económicas, cronogramas iniciales, fichas técnicas (Mapector CPU+, Mapelastic Smart, Mapetex SEL N, Mapectex MS 45, Mapectex Easy), hojas de seguridad y lineamientos del SG-SST.

Técnicas e instrumentos utilizados:

- Revisión documental.
- Análisis comparativo de fichas técnicas.
- Identificación de secuencias constructivas.
- Organización de información en carpetas técnicas.
- Bitácora inicial del proyecto.

Usar estas técnicas e instrumentos permitió anticipar interferencias, definir criterios de medición y planificar la supervisión sobre bases verificables.

Fase 2: Seguimiento al avance físico del proyecto

Permitió analizar el cumplimiento del cronograma, evaluar rendimientos y generar alertas sobre desviaciones de programación.

El seguimiento se realizó de manera continua mediante el uso de Microsoft Project como herramienta de control. Se actualizó el cronograma, se identificaron desviaciones y se verificó el cumplimiento de los tiempos de ejecución. Se coordinó con cuadrillas, supervisión externa y

proveedores, y se controló el suministro y consumo de materiales en los proyectos de pisos industriales de Coltrópico S.A.S. y la impermeabilización de Hobby Homes.

Técnicas e instrumentos utilizados:

- MS Project para seguimiento del cronograma.
- Formatos de avance físico.
- Listas de chequeo para control diario.
- Informes de obra.
- Tablas de consumo y rendimiento de materiales.
- Registro fotográfico sistemático.

Criterios de medición aplicados:

- Rendimientos: material consumido vs m² ejecutados.
- Avance físico: actividades completadas vs ruta crítica.
- Desviaciones: causas (clima, disponibilidad de materiales, ajustes de sustrato, cambios de secuencia).

Lo anterior facilitó la toma de decisiones operativas y el control del cronograma real.

Fase 3: Supervisión técnica de los procesos

Correspondió a la verificación directa de los criterios de calidad y la correcta instalación de los sistemas constructivos.

La supervisión tuvo como propósito garantizar que las actividades constructivas se ejecutaran conforme a planos, fichas técnicas y estándares de calidad. Se controló la preparación del sustrato, la aplicación de materiales, las condiciones ambientales y el desempeño del personal operativo.

Supervisión del sistema de poliuretano–cemento (Mapefloor CPU+)

Incluyó la verificación de:

- Escarificación del sustrato.
- Cortes perimetrales y dobles para anclaje.
- Tratamiento de juntas mediante Eporip y Mapenet 150.
- Instalación de medias cañas CPU+/COVE.
- Proporciones de mezcla y tiempos de trabajabilidad.
- Espesores mediante peine WFT y control de consumo en kg/m².

Supervisión de impermeabilización cementosa (Mapelastic Smart)

Incluyó la verificación de:

- Limpieza y regularización del sustrato.
- Sellado de fisuras con Mapeflex MS 45.
- Instalación de Mapeband Easy y refuerzos Mapetex SEL N.
- Preparación de mezcla.
- Aplicación uniforme de capas y condiciones ambientales.
- Espesores controlados por consumo y espesor húmedo (WFT).

Técnicas e instrumentos utilizados:

- Observación directa en campo.
- Peine WFT para espesores.
- Comparación visual de rugosidad (CSP).
- Listas de chequeo para cada proceso.
- Planillas de consumo.
- Cámara fotográfica.

Procedimientos de supervisión:

- Verificación previa de herramientas.
- Inspección de mezcla y proporción.
- Revisión de superficie antes y después de cada aplicación.
- Aprobación para continuar con la siguiente etapa.
- Registro fotográfico y anotaciones técnicas diarias.

Lo anterior, garantizó la calidad del sistema aplicado y permitió validar el cumplimiento de especificaciones técnicas.

Fase 4: Generación de informes técnicos

La elaboración de informes técnicos se desarrolló con los formatos internos de Beton Ingenieros S.A.S., integrando tres componentes principales: control de consumos, programación y trazabilidad, lo que permitió documentar de manera sistemática el avance y la calidad de los procesos ejecutados.

1. Control de consumos

Se registró el material utilizado por frente de trabajo, el rendimiento real en kg/m^2 y la comparación con el consumo teórico según ficha técnica.

Instrumentos: planilla de consumos, registro fotográfico, medición de áreas.

Medición: $\text{Rendimiento} = \text{Material utilizado} / \text{Área ejecutada}$.

2. Programación

Se consolidó el avance programado vs ejecutado, se identificaron retrasos y se reprogramaron actividades según condiciones reales de obra.

Instrumentos: Microsoft Project, formatos semanales de avance, listas de chequeo.

Medición: Porcentaje de avance por actividad y desviación respecto al cronograma.

3. Trazabilidad

Se elaboraron planos de secuencia y avance por sectores, registrando zonas intervenidas, pendientes y actividades específicas como medias cañas, cortes o refuerzos.

Instrumentos: plantillas gráficas internas y planos marcados digitalmente.

4. Integración de la información

Los informes quincenales combinaron consumos, programación, trazabilidad y fotografías del proceso, permitiendo una verificación clara del desempeño, la continuidad del trabajo y la coherencia técnica de las actividades supervisadas.

Resultados

Proyecto 1: Pisos industriales fábrica Coltrópico S.A.S

Presentación del proyecto

El proyecto se desarrolló en la planta de procesamiento y exportación de Coltrópico S.A.S., ubicada en el municipio de Guarne, Antioquia. Coltrópico es una empresa agroindustrial dedicada al cultivo, procesamiento y exportación de aguacate *Hass* y otros productos derivados, consolidándose como un referente regional en sostenibilidad, cadena de valor rural y economía circular. La compañía trabaja bajo el principio de “producir conservando y conservar produciendo”, y cuenta con certificaciones como GRASP y SMETA, que la acreditan en buenas prácticas agrícolas y responsabilidad social empresarial. La planta ha logrado exportar más de 100 contenedores desde su apertura y mantiene un modelo de crecimiento apoyado en alianzas con productores locales.

En 2022, Coltrópico y GreenYellow inauguraron una planta tecnificada para el procesamiento de fruta fresca y derivados, la primera en Colombia con enfoque sostenible para la exportación de productos como pulpa, guacamole y aguacate procesado. Esta infraestructura incorpora soluciones avanzadas de refrigeración, eficiencia energética y control de temperatura, con capacidad instalada para 217 toneladas de refrigeración, destinadas a preservar la cadena de frío y garantizar estándares internacionales de inocuidad y calidad.

Figura 2

Planta exportadora de aguacate Hass de Coltrópico.



Nota. Imagen tomada de *GreenYellow y Coltrópico inauguran la primera planta exportadora de aguacate Hass*, por GreenYellow, 2024 (<https://greenyellow.co/greenyellow-y-coltronicos-inauguran-la-primera-planta-exportadora-de-aguacate-hass-fresco-y-procesado-sostenible-en-colombia/>)

En este contexto, la empresa Beton Ingenieros S.A.S. fue contratada para ejecutar sistemas de pisos industriales de alto desempeño, fundamentales para garantizar condiciones de operación higiénica, resistencia mecánica y soportabilidad química en áreas de producción y procesamiento. La propuesta técnico-económica presentada por Beton Ingenieros detalla el suministro de materiales especializados, seleccionados por su desempeño y compatibilidad con los requerimientos de inocuidad (HACCP) y durabilidad industrial exigidos por Coltrópico.

Se continuó, revisando la propuesta técnico-económica la cual nos indica el alcance del contrato y las especificaciones técnicas para la ejecución del proyecto. En cuanto a recubrimiento hablamos de un total de 875.17 m², de muretes 133.61m y de mediacaña 305.21m.

Estos valores anteriores fueron relativos al desarrollarse en obra una cantidad diferente de cada actividad. El espesor generalmente para la mayor parte de zonas fue de 6mm y en una sola zona de 9mm en cuanto a recubrimiento. Los muretes fueron de altura variable, de 10cm, 20cm y 25cm. La media caña se realizó de una altura de 5cm y de 7cm en la mayor parte de zonas. Esta revisión permitió tener una noción total del proyecto, lo que se va a realizar, las especificaciones, espesores, dosificaciones y demás.

Figura 4

Propuesta técnico-económica presentada a Green Yellow.

Nota.

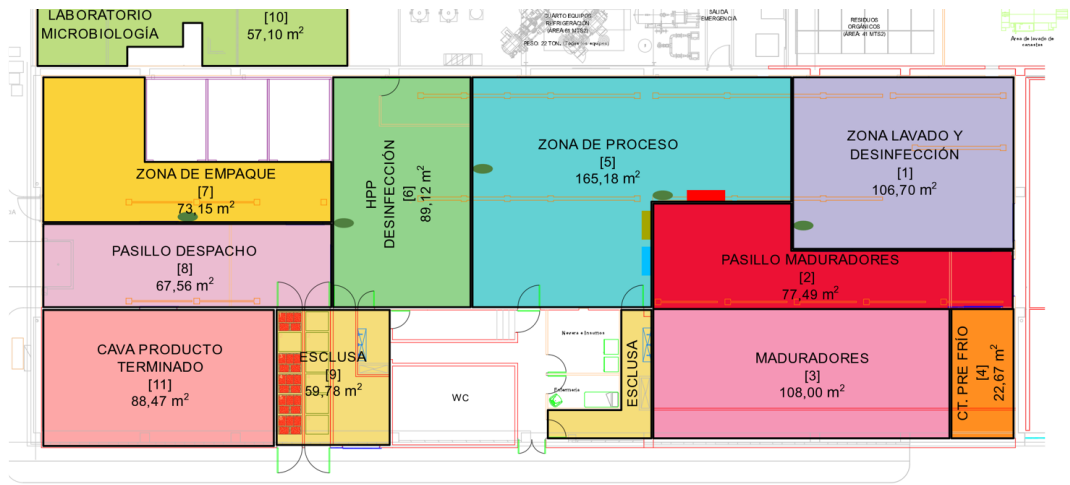
PROPUESTA TÉCNICA					
Teniendo en cuenta las características particulares del proyecto y con el propósito de ofrecer la mejor solución constructiva, a continuación, presentamos las siguientes alternativas:					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA OBRA	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
PISOS ESPECIALES					
ZONA LAVADO Y DESINFECCIÓN					
1	Suministro y aplicación de mortero tricomponente con base poliuretano en espesor de 6 mm. Incluye: preparación de superficie con equipos mecánicos, puenteo de juntas y fisuras de forma manual, construcción de dentellones en el perímetro con equipos mecánicos y manuales, mezclado y aplicación de sistema tricomponente con base poliuretano color gris claro.	m²	106,70	\$ 138.037,00	\$ 14.728.547,90
PASILLO MADURADORES					
2	Suministro y aplicación de mortero tricomponente con base poliuretano en espesor de 6 mm. Incluye: preparación de superficie con equipos mecánicos, puenteo de juntas y fisuras de forma manual, construcción de dentellones en el perímetro con equipos mecánicos y manuales, mezclado y aplicación de sistema tricomponente con base poliuretano color gris claro.	m²	77,49	\$ 138.037,00	\$ 10.696.487,13
MADURADORES					
3	Suministro y aplicación de mortero tricomponente con base poliuretano en espesor de 6 mm. Incluye: preparación de superficie con equipos mecánicos, puenteo de juntas y fisuras de forma manual, construcción de dentellones en el perímetro con equipos mecánicos y manuales, mezclado y aplicación de sistema tricomponente con base poliuretano color gris claro.	m²	108,00	\$ 138.037,00	\$ 14.907.996,00

Imagen tomada de documentos oficiales de la empresa Beton Ingenieros (2025).

De la misma forma, se realiza la revisión de los materiales usados para cada ítem, identificando dos tipos de recubrimientos, el tipo de concreto, la media caña y la pintura a usar.

Figura 5

Plano de vista en planta de las zonas cotizadas para construcción de piso industrial.



Nota. Imagen obtenida de documentos oficiales de Beton Ingenieros (2025).

Figura 6

Materiales incluidos dentro de la propuesta tecno-económica.

MATERIALES	
Uno de los principales componentes del costo de nuestra obra corresponde a los materiales empleados. Por esta razón, resulta fundamental contar con proveedores confiables que ofrezcan productos de alta calidad. En BETON INGENIEROS S.A.S. , seleccionamos cuidadosamente los materiales que utilizamos, asegurándonos de que cumplan con los estándares de desempeño y calidad requeridos. Esto nos permite garantizar tanto la excelencia como el desarrollo exitoso del proyecto.	
A continuación, detallamos los materiales suministrados por BETON INGENIEROS S.A.S. , los cuales han sido escogidos con base en su desempeño y su capacidad para satisfacer las especificaciones técnicas exigidas:	
ÍTEM 1-10	ÍTEM 11
✓ Mapefloor CPU+/MF	✓ Mapefloor CPU+/RT
✓ Eporip	✓ Eporip
✓ Áridos	
✓ Mapeflex E-PU 21 SL	
ÍTEM 14-15	ÍTEM 13
✓ Concreto 4000 psi	✓ Mapefloor CPU+/COVE
✓ Malla electrosoldada	✓ Eporip
✓ Mapefloor CPU+/TC	

Nota. Imagen obtenida de documentos oficiales de Beton Ingenieros (2025).

Adicionalmente, se llevó a cabo la inducción de seguridad, en cumplimiento del Sistema de Gestión de SST de Beton Ingenieros y las políticas internas de Coltrópicos. Esto incluyó lineamientos de ingreso, elementos de protección personal, control de derrames, manipulación de químicos, señalización y normas para trabajo en planta de alimentos.

Preparación de superficie

La preparación del sustrato constituyó una etapa crítica para la correcta instalación del sistema de poliuretano–cemento Mapefloor CPU+, dado que la adherencia, durabilidad y continuidad del recubrimiento dependen directamente de las condiciones iniciales de la superficie. Todas las actividades se ejecutaron conforme a las recomendaciones del fabricante y a los lineamientos operativos de Beton Ingenieros S.A.S.

En primera instancia, se realizó una inspección visual de las condiciones de la losa donde se identifican grietas y juntas deterioradas, las cuales se corrigen con el sello “Mapeflex PU 50 SL” y además se puentean al igual que las juntas de construcción con el imprimante “Eporip” y la malla “Mapenet 150”.

Mapeflex PU SL 50 es un sellador de poliuretano pintable, vertible, autonivelante. El cuál es especial para el sellado de junta de dilatación y expansión en pisos industriales de concreto como el que presenta la fábrica Coltrópicos, el cuál ahora servirá de sustrato para aplicarse posteriormente al recubrimiento.

El conjunto de la malla Mapenet 150 con el imprimante Eporip agregado con Cuarzo 0.5mm, permiten que estos futuros movimientos en los paños de la losa existente, no refleje grietas o fisuras en el recubrimiento.

Figura 7

Puenteo de juntas de construcción de losa de concreto en sitio.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

El escarificado como tratamiento de superficie fue elegido al querer llegar a un nivel de rugosidad según el Instituto Internacional de Reparación de Concreto (ICRI) de CSP 7 ya que está dentro del rango de lo recomendable para los dos recubrimientos a instalarse (Mapefloor CPU+/MF Y Mapefloor CPU+/RT). En la siguiente **Tabla 1** Mapei ilustra los valores recomendados que dan confirmación a la anterior información.

Tabla 1

Niveles de CSP de rugosidad para diferentes sistemas de recubrimientos.

SISTEMA	MÍNIMO DE CSP	MÁXIMO DE CSP
MAPEFLOOR CPU/HD	CSP 6	CSP 9
MAPEFLOOR CPU/RT	CSP 6	CSP 9
MAPEFLOOR CPU/MF	CSP 4	CSP 7
MAPEFLOOR CPU/SBF	CSP 4	CSP 7
MAPEFLOOR CPU/COVE	CSP 3	CPS 6
MAPEFLOOR CPU/TC	CSP 2	CSP 3

Nota. Adaptado de “Manual de aplicación de Mapefloor CPU+” (2023).

A continuación, se comparte una tabla general de los niveles de rugosidad dependiendo el tipo de recubrimiento, lo mismo que en la tabla anterior de resume.

Tabla 2

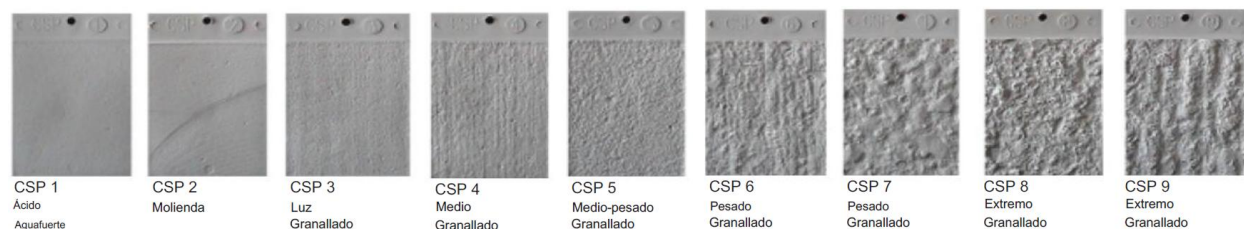
Niveles de rugosidad en base a los mm de espesor a aplicarse.

Superficies de hormigón y perfil según ICRI 302.2R-2013		Espesor de aplicación DFT según BS 8402 parte 6															
		Piso sello	Piso revestimiento	Recubrimiento de alto espesor			Suelos aplicados por flujo		Suelos fluidos de alta resistencia								
									Suelo de solado								
									Recubrimiento multicapa					Pisos de solado de alta resistencia			
				0 mm	0,15 mm	0,30 mm	0,60 mm	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm	7 mm	8 mm	9 mm	10 mm
CSP1	Grabado ácido																
CSP2	Molienda																
CSP3	Granallado ligero																
CSP4	Granallado medio																
CSP5	Granallado medio-pesado																
CSP6	Granallado pesado																
CSP7	Granallado pesado																
CSP8	Granallado extremo	Tambien se puede lograr mediante la generación de costras.															
CSP9	Granallado extremo	Tambien se puede lograr mediante la generación de costras.															

Nota. Adaptado de “Manual de aplicación de Mapecfloor CPU+” (2023).

Figura 8

Perfiles de rugosidad a diferentes niveles de granallado.



Nota. Tomado de “Manual de aplicación de Mapecfloor CPU+” (2023).

Desarrollar un correcto escarificado garantiza un anclaje mecánico del recubrimiento cumpliendo con los estándares normativos. Posterior a esto, se hace un lavado a presión de la superficie con lo cual queda previamente preparada para aplicarse el recubrimiento sobre el sustrato.

Figura 9

Escarificado con máquina de superficie en “Pasillo de Maduradores”.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Otra de las actividades previas a la aplicación del recubrimiento epóxicos trata de rozas de anclaje las cuales se hacen en el perímetro de la zona de aplicación, cerca de paredes, columnas, zócalos, canales de drenaje y en cualquier zona donde haya discontinuidad del revestimiento. Estas ranuras hechas con disco sencillo o doble se deben realizar a una profundidad igual al doble del espesor del revestimiento. Estas rozas de anclaje se realizan con el fin de confinar el recubrimiento, impidiendo el levantamiento de bordes y asegurar un anclaje mecánico tridimensional.

Con la anterior actividad, se finaliza la preparación de superficie, reiterando que es indispensable realizarse para el éxito de la aplicación de ambos recubrimientos y con fin de garantizar al cliente la realización de cada uno de los procedimientos técnicos que el fabricante (Mapei) lo indica.

Figura 10

Cortes para generación de rozas de anclaje.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Resulta ser un importante aprendizaje, al entender que más allá de instalar un recubrimiento, antes de esto, está toda una preparación que necesita la misma minuciosidad y atención al realizarse para cumplir con normativas internacionales que promueven buenas prácticas de colocación de estos sistemas de poliuretano cemento.

Durante la ejecución del proyecto se evidenciaron variaciones entre las cantidades contratadas inicialmente y las cantidades finalmente ejecutadas en obra. Estas diferencias surgieron debido a ajustes geométricos realizados en sitio, modificación de alcances solicitadas por el cliente y redistribución de zonas de acuerdo con las condiciones reales de la planta.

En el sistema Mapecfloor CPU+ MF se tenía un área contractual de 826,75 m², mientras que el área efectivamente ejecutada correspondió a 800,67 m², presentándose una variación de -26,08 m² (-3,15%). Esta diferencia provino de recortes en zonas marginales, adecuaciones durante la

delimitación final de áreas y ajustes en la operación de algunos cuartos fríos que modificaron el alcance.

Para el sistema Mapecfloor CPU+ RT, el área contractual era de 88,47 m², y el área ejecutada fue de 65,00 m², lo que refleja una disminución de -23,47 m² (-26,5%). Esta variación obedeció a decisiones del cliente en la zona de empaque y a la reasignación de sectores inicialmente previstos para RT que finalmente se recubrieron con MF u otras soluciones constructivas.

En cuanto a la media caña Mapecfloor CPU+/COVE, se ejecutaron 246,55 m lineales, compuestos por:

- 210,15 m con radio de 7 cm,
- 36,40 m con radio de 5 cm (áreas de esclusas).

La variación frente al estimado inicial se relacionó con la necesidad de garantizar continuidad higiénica en encuentros no contemplados inicialmente y a ajustes requeridos por el cliente en campo para optimizar la operación de lavado y acceso.

Estas diferencias fueron documentadas integralmente y registradas en actas de obra, asegurando trazabilidad sobre la cuantificación final del proyecto y permitiendo el análisis técnico-administrativo de los rendimientos reales frente a lo programado.

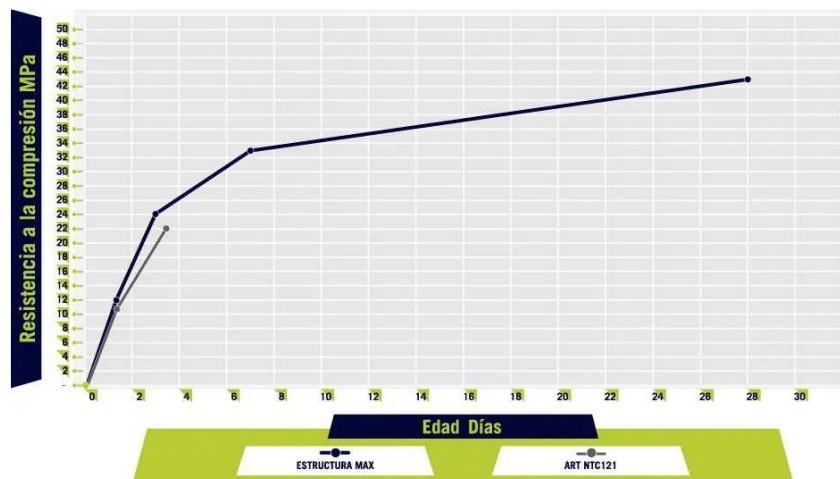
Construcción de muretes

Entendiendo que los muretes serán elementos que compartirán espacio con el recubrimiento, este proceso debe ser realizado también, previamente a la instalación del piso. Según las indicaciones mostradas anteriormente, los muretes se construirán con un concreto de 4000psi. Esta escogencia, obedece a exigencias altas en cuanto a resistencia a la compresión de este

concreto y su rápido secado. El cemento que se usó es el “Argos Max Estructural”. Un cemento que ofrece resistencias altas a edades tempranas como lo muestra la **Figura 10**.

Figura 11

Gráfico de resistencia a la compresión vs edad en días del concreto.



Nota. Gráfica obtenida de ficha técnica de Argos, 2024. (<https://colombia.argos.co/cemento-estructural-max/>).

Figura 12

Tabla de dosificación de concreto oficial de Argos.

TABLA DE DOSIFICACIÓN DE CONCRETO
(cantidades por mt³)

Cantidades (cmt - ar - gr)	Resistencia			Cemento (cmt)	Arena mt ³ (ar)	Grava mt ³ (gr)	Agua Lts (promedio)
	Kg/cm ²	PSI	Mpa				
1 - 2 - 2	280	4000	27	420	0,67	0,67	190
1 - 2 - 2,5	240	3555	24	380	0,60	0,76	180
1 - 2 - 3	226	3224	22	350	0,55	0,84	170
1 - 2 - 3,5	210	3000	20	320	0,52	0,90	170
1 - 2 - 43	200	2850	19	300	0,48	0,95	158
1 - 2,5 - 4	189	2700	18	280	0,55	0,89	158
1 - 3 - 3	168	2400	16	300	0,72	0,72	158
1 - 3 - 4	159	2275	15	260	0,63	0,83	163
1 - 3 - 5	140	2000	14	230	0,55	0,92	148
1 - 3 - 6	119	1700	12	110	0,50	0,90	143
1 - 4 - 7	109	1560	11	175	0,55	0,98	133
1 - 4 - 8	99	1420	10	160	0,55	0,03	125

(<https://colombia.argos.co/autoconstructores/aprende-a-dosificar-el-concreto-para-tus-proyectos-de-construccion-o-remodelacion/>).

Para tener una cantidad realmente calculada de materiales requeridos para la construcción de los muretes, se miden en sitio los metros totales de muretes y teniendo su altura se calcula su volumen. Se basa en que un bulto de este cemento de presentación de 42.5kg cubre 0.085m^3 de volumen, con lo que se procede a calcular cuantos bultos se requieren y al tener la noción de que es una dosificación que en arena y grava duplica la cantidad del cemento, permite un cálculo completo de cantidades que se muestra en la **Figura 13 y Figura 14**.

Metros ejecutados de muretes por zonas.

 BETON INGENIEROS	METROS LINEALES EJECUTADOS POR ZONA (m)										
	ALTURA DE MURETE (cm)	CAVA	PASILLO	HPP	EMPAQUE	ZONA DE LAVADO	PASILLO MADURADORES	ZONA PROCESO	TOTAL	VOLUMEN	
	25	4,80	7,24				8,17		20,21	0,555775	
	20			1,58				7,53	9,11	0,204975	
	10			34,65	20,79	27,76	12,12	30,73	126,05	1,575625	
									155,37	2.336375	TOTAL

Nota. Elaboración propia (2025).

Figura 14

Resultado de cantidades totales de material necesario para construcción de muretes.

CANTIDAD DE MATERIAL USADO		
CEMENTO ARGOS MAX	ARENA LAVADA	GRAVA 3/4"
27	55	55

Nota. Elaboración propia (2025).

Esta actividad contó con el apoyo en la supervisión de estas dosificaciones, el correcto mezclado para evitar la alteración de la uniformidad y consistencia de la mezcla. Al realizarse con trompo (mezcladora de concreto) se debe tener en cuenta el orden de ingreso de los materiales a este, iniciando con parte del agua, luego la grava, cemento y por último la arena. Controlando también las distancias de acarreo del concreto, evitando tramos superiores a 50m, esto, se logró teniendo la zona de mezclado lo más cercana posible a el destino final del material que se ver tira en las formaletas que dan forma a los muretes a una altura no superior a 1m para evitar la segregación de este. Por último, realizando un vibrado interno y externo para reacomodar la mezcla, y eliminar los vacíos internos presentes. Sin olvidar, hacer el curado respectivo al concreto instado al menos durante los primeros 7 días desde su colocación.

Al calcularse la cantidad de material de acuerdo con un porcentaje de desperdicio de 5%, resultó que al compararse con el consumo real se tiene una desviación del -1% presentándose un consumo un poco menor al teórico.

En la **Tabla 3** se observa al análisis en cantidad de metros ejecutados de muretes con su respectiva altura y el cumplimiento de acuerdo a las cantidades contractuales requeridas por el cliente.

Tabla 3

Muretes contratados vs ejecutados.

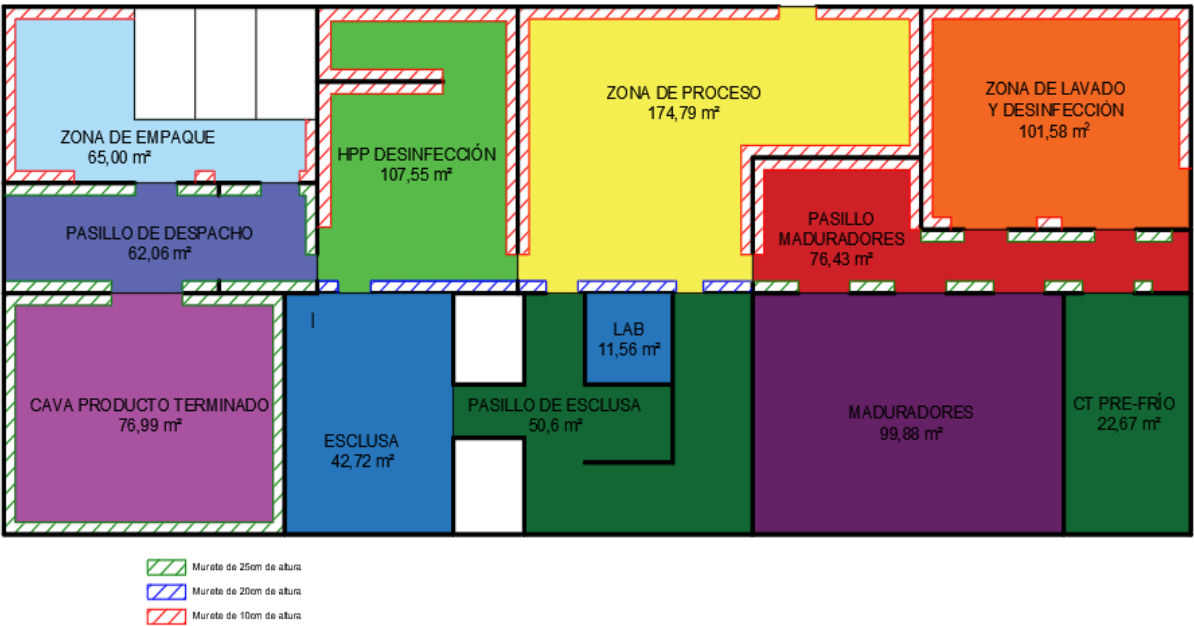
	CONTRATADO	EJECUTADO
MURETE DE 10 cm	14,14 m	20,21 m
MURETE DE 20 cm	0 m	9,11 m
MURETE DE 25 cm	119,21 m	20,21 m

Nota. Elaboración propia (2025). Se toman datos de la propuesta económica sobre metros contratados de muretes y su respectiva altura como se observa en el apéndice X.

Se ejecutaron metrajés distintos a los contractuales dado que el cliente requirió disminuir en su altura varios de ellos y otros no realizar su construcción, por motivo de reducir costos de la obra. Sin embargo, quedó constatado en acta esta modificación, evitando inconvenientes futuros. En la siguiente figura se detalla la ubicación lineal de estos muretes en un plano de elaboración propia, el cuál se comparte al cliente para divulgación del alcance de esta actividad.

Figura 15

Plano de muretes y recubrimiento ejecutado en obra.



Nota. Elaboración propia (2025).

Figura 16

Zona de mezclado de concreto con trompo de acuerdo con las dosificaciones.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Figura 17

Cemento usado en sitio y recipiente con medida de litros.



Nota. La fotografía muestra el cemento usado en sitio y el balde con medidas en litros para la adición exacta de agua según las proporciones de la mezcla. Fotografía tomada por el autor (2025).

Figura 18

Encofrado de muretes a la altura requerida.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Figura 19

Desencofrado de muretes en “Pasillo de Maduradores”.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Con la gestión administrativa y técnica dada en esta etapa, se culminó con éxito la construcción de estos muretes que su fin es brindar una protección a los paneles de congelación, los cuales son frágiles a impactos que se puedan llegar a producir por estibas o montacargas.

Aplicación del sistema

MAPEFLOOR CPU+/MF. La aplicación de este sistema cuenta de un mortero autonivelante de cemento-poliuretano desarrollado por los laboratorios de investigación de Mapei, para la protección de pisos industriales en espesores entre 3 a 6 mm. Es antimicrobiano, fácil de desinfectar, y caracterizado por una alta resistencia química y mecánica, una resistencia al choque térmico hasta los +80°C.

Su uso es adecuado para pisos sometidos a medias-altas cargas y/o tráfico de carretillas de elevación, altos requisitos químicos y mecánicos, impactos, en áreas de proceso secas y ligeramente húmedas. Cumple los requisitos de los clientes en varios sectores industriales como las industrias alimentarias, plantas farmacéuticas y químicas, etc.

Para este proyecto en específico se hace una elección de espesor de 6mm lo cual nos da una resistencia al choque térmico de -25°C hasta +80°C.

Este mortero requería un control de temperatura y humedad, las fichas técnicas de Mapei nos indican que la temperatura ideal de aplicación sea entre los 10°C y los 30°C, además, una humedad relativa no mayor al 80%. Se muestra en la **Tabla 5** el registro de temperatura y humedad relativa de acuerdo con estaciones hidrometeorológicas.

Tabla 4

Tabla de verificación de condiciones ambientales previo a instalación del recubrimiento.

Fecha	Temperatura Min (°C)	Temperatura Max (°C)	Humedad Relativa (%)	Cumple Condición (10-30°C y HR ≤ 80%)
7/05/2025	14	21	74	SI
8/05/2025	14	22	78	SI
9/05/2025	13	24	71	SI
10/05/2025	12	25	67	SI
1/07/2025	12	23	78	SI
2/07/2025	11	24	72	SI
3/07/2025	13	21	73	SI
4/07/2025	13	23	69	SI
5/07/2025	13	24	73	SI
6/07/2025	12	23	79	SI
7/07/2025	12	24	69	SI
8/07/2025	11	24	71	SI
9/07/2025	13	23	74	SI
10/07/2025	12	23	73	SI
11/07/2025	14	23	75	SI

12/07/2025	13	24	73	SI
13/07/2025	13	24	73	SI
14/07/2025	13	23	78	SI
15/07/2025	11	24	69	SI
16/07/2025	12	24	71	SI
17/07/2025	12	24	63	SI
18/07/2025	11	23	69	SI
19/07/2025	10	23	67	SI
20/07/2025	10	25	67	SI
21/07/2025	11	24	69	SI
22/07/2025	14	24	72	SI
23/07/2025	15	24	75	SI
24/07/2025	12	25	79	SI
25/07/2025	14	25	70	SI
26/07/2025	13	24	69	SI
27/07/2025	13	24	74	SI
28/07/2025	13	25	60	SI
29/07/2025	13	23	80	SI
30/07/2025	13	24	73	SI

31/07/2025	14	24	73	SI
1/08/2025	14	24	72	SI
2/08/2025	15	23	71	SI
3/08/2025	14	23	63	SI
4/08/2025	13	22	70	SI
5/08/2025	9	22	74	NO
6/08/2025	11	22	72	SI
7/08/2025	14	19	73	SI
8/08/2025	13	21	71	SI

Nota. Elaboración propia con datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Estación Aeropuerto José María Córdova (Rionegro), datos correspondientes a los meses de julio y agosto.

Lo siguiente fue tener una zona de mezclado adecuada, para evitar ensuciamiento de áreas de la planta, que, para nuestro caso, se preparó el producto sobre polietileno, como se presenta en la siguiente **Figura 20**.

Figura 20

Zona de mezclado para instalación de Mapefloor CPU+/MF.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Procediendo a la aplicación del sistema, se elige hacer una aplicación de una primera capa raseada del mortero como imprimante a la instalación de todo el espesor del sistema, es decir, se aplica una primera capa y posteriormente una segunda para llegar a los 6mm establecidos inicialmente en lo contractual, y lo requerido para la exigencia a la que estará sometida el piso. Lo anterior, permitía que sucediera condensación en la superficie creando posible presencia de burbujas producidas por el propio fenómeno, que aplicando la segunda capa se corregían, además, que permitían que en esta capa final no hubiese defectos en el acabado del piso.

Se supervisan correctos mezclados a bajas revoluciones, la dosificación correcta de cada uno de los componentes, el orden en que se agregan cada uno de los componentes, pesarse en balanza digital si se iban a realizar tandas menores, limpieza de los recipientes de mezclado y de la hélice del taladro mezclador, según indican las fichas técnicas.

Figura 21

Aplicación de Mapefloor CPU+/MF.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

También, la correcta aplicación haciendo medición de espesores de el espesor, rendimientos de producto por área, el uso de rodillos de púas para eliminar burbujas de aire que se forman, además de ayudar a nivelar el mortero aún este sea autonivelante.

Figura 22

Medición de espesores de recubrimiento.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Mapecfloor CPU+/MF tiene un consumo de 1,7 kg/m²*mm, a partir de esto, se tiene en cuenta el consumo de cada una de las zonas que se van a recubrir, haciendo comparación de consumos teóricos vs reales, dejando constatado si esto ocurría y su posible causa para así llevar una trazabilidad de los materiales instalados en fábrica Coltrópicos S.A.S.

Figura 23

Control de consumos por zonas.

		Control de consumo en Planta Coltropicos								
Descripción	Producto	Unidad de embalaje		Área Contractual	Área Real	Teorico kg/m ² en mm	Rendimiento m ² en mm espesor	Teórico Un	Real kg/m ² en mm	Real Un
Zona de lavado y desinfección	MapeFloor CPU MF	kg	35,6	106,7	108,32	10,2	3,5	31,0	9,851	29,97
Pasillo de maduradores	MapeFloor CPU MF	kg	35,6	77,49	76,43	10,2	3,5	21,9	10,600	22,76
Maduradores	MapeFloor CPU MF	kg	35,6	108	99,88	10,2	3,5	28,6	9,950	27,92
Cuarto pre frío	MapeFloor CPU MF	kg	35,6	22,67	22,67	10,2	3,5	6,5	9,600	6,11
Zona de proceso	MapeFloor CPU MF	kg	35,6	165,18	174,79	10,2	3,5	50,1	10,800	53,03
HPP	MapeFloor CPU MF	kg	35,6	89,12	107,55	10,2	3,5	30,8	9,350	28,25
Zona de empaque	MapeFloor CPU RT	kg	22,89	73,15	65,00	16,0	1,4	45,4	15,400	43,73
Pasillo de despacho	MapeFloor CPU MF	kg	35,6	67,56	62,06	10,2	3,5	17,8	10,100	17,61
Esclusa	MapeFloor CPU MF	kg	35,6	59,78	42,72	10,2	3,5	12,2	9,750	11,70
Laboratorio de microbiología	MapeFloor CPU MF	kg	35,6	57,1		10,2	3,5	0,0	0,000	0,00
Cava producto terminado	MapeFloor CPU MF	kg	35,6	88,47	76,99	13,6	2,6	29,4	14,200	30,71
Cuarto esclusa	MapeFloor CPU MF	kg	35,6	11,56	11,56	5,1	7,0	1,7	4,800	1,56
Pasillo esclusa	MapeFloor CPU MF	kg	35,6	21,54	50,6	5,1	7,0	7,2	5,350	7,60

Nota. Medición y comparación de consumos teóricos vs reales en el proyecto. Elaboración propia (2025).

MAPEFLOOR CPU+/RT. Al igual que el MAPEFLOOR CPU+/MF, es un mortero de poliuretano-cemento de altas prestaciones desarrollado por los Laboratorios de Investigación de MAPEI, de aplicación con llana en 6 o 9 mm, para la protección de suelos industriales, antideslizante, microbio resistente y de fácil higienización, que presenta elevadas prestaciones químicas y mecánicas y resistencia al choque térmico desde -40°C hasta +120°C, con temperaturas de trabajo comprendidas entre -20°C y +100°C, en función del espesor.

Este mortero requiere de la misma preparación de superficie que el MAPEFLOOR CPU+/MF logrando un perfil de rugosidad CSP 7 para lograr ese anclaje mecánico que nos ayude a lograr una buena adherencia entre sustrato y recubrimiento.

Figura 24

Adición controlada de polvo (componente C) de Mapefloor CPU+/RT.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Se debe tener en cuenta el mismo cuidado en el área de mezclado, condiciones ambientales que se cumplen también con el anterior sistema, a diferencia del otro, este se aplica en una sola capa que para este proyecto se indicó en 8mm de espesor, no necesita capa raseada o imprimante, únicamente verterse sobre el sustrato y extenderse.

Este material presenta un consumo de $2\text{kg/m}^2 \cdot \text{mm}$ que también se lleva trazabilidad y medición de este consumo que se aplica en la zona de “Empaque” como se muestra en la **Figura 23**.

Figura 25

Aplicación de Mapefloor CPU+/RT y nivelación con rodillo de púas.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

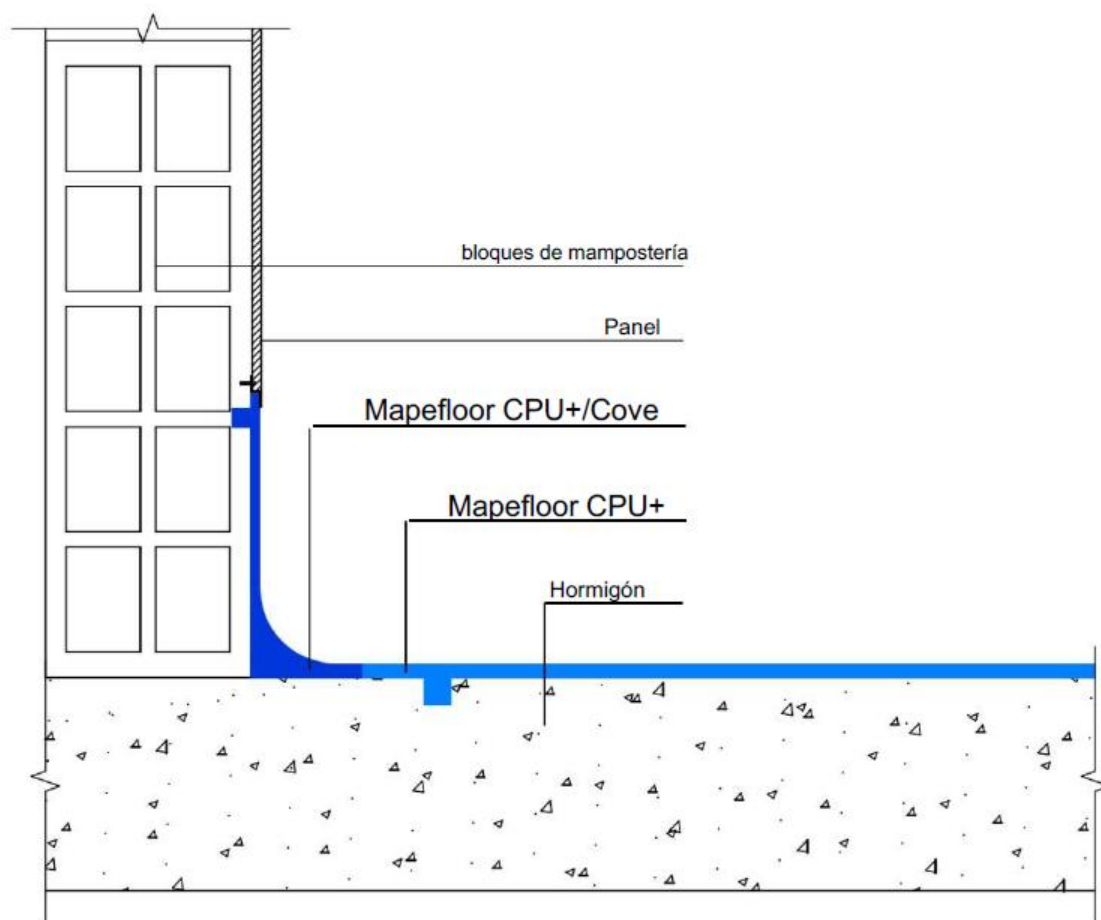
MAPEFLOOR CPU+/COVE. La instalación de las medias cañas sanitarias Mapefloor CPU+/COVE tuvo como propósito garantizar la continuidad higiénica entre el plano vertical (muro) y el plano horizontal (piso), evitando ángulos vivos y asegurando un acabado continuo con el sistema de poliuretano–cemento. Este proceso requirió una preparación precisa de la superficie y una aplicación controlada del material, debido a su rápido tiempo de trabajabilidad.

En primera instancia, se realizó la preparación del encuentro piso–muro, la cual incluyó la limpieza, escarificación localizada y eliminación de restos de mortero o contaminantes presentes en la zona. Este acondicionamiento permitió obtener una superficie con la rugosidad adecuada para la adherencia del COVE. Posteriormente se ejecutaron cortes de anclaje mediante disco, definidos alongando la base del muro y el borde del piso, de manera que la media caña quedara

confinada y asegurara una unión mecánica estable. En la **Figura 25** se muestra el detalle típico de construcción de mediacañas con Mapefloor CPU+/COVE.

Figura 26

Detalles estándar de instalación de mediacaña Mapefloor CPU+/COVE.



Nota. Obtenido de guía de instalación de sistema Mapefloor CPU+/COVE de Mapei, 2023.

Una vez preparada la superficie, se procedió al mezclado del Mapefloor CPU+/COVE siguiendo una secuencia de incorporación de componentes y un tiempo de mezclado que garantizara la cohesión y homogeneidad del material. Debido a su rápida reacción, la mezcla se elaboró únicamente en cantidades que pudieran aplicarse dentro del periodo útil de trabajabilidad.

Figura 27

Alistamiento de cada uno de los componentes para mezcla de Mapefloor CPU+/COVE.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

La aplicación se realizó de forma manual, depositando el material en la zona del encuentro piso–muro y conformando el radio de la media caña mediante herramientas específicas (llana, palustre y plantilla curva). Este proceso requirió mantener una presión constante para asegurar la compactación del material y evitar vacíos o discontinuidades. El perfil final debía presentar un radio uniforme, superficie continua y una transición suave hacia el sistema CPU+/MF previsto para el piso.

Figura 28

Construcción de mediacaña con Mapefloor CPU+/COVE.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

MAPECOAT I 24. La etapa de “pintura” de muretes y media caña se hizo con Mapecoat I 24, se realizó como fase final del tratamiento de los muretes, con el objetivo de proporcionar una capa de protección epóxica resistente a abrasión, agentes químicos y procesos de limpieza frecuentes, además de garantizar uniformidad estética y continuidad superficial con el sistema de pisos instalado.

Figura 29

Pintura de muretes y media caña con Mapecoat I 24.



Nota. Fotografía tomada por el autor.

Antes de aplicar el recubrimiento epóxico, los muretes fueron inspeccionados para verificar la ausencia de fisuras, oquedades y partículas sueltas. Se efectuó un lijado superficial para generar un nivel de rugosidad adecuado, seguido de limpieza mecánica con escoba y aspirado industrial para eliminar polvo y contaminantes. También se verificó que los muretes estuvieran secos, sin humedad superficial, y que hubieran terminado su proceso de curado.

Mapecoat I 24 es un recubrimiento epóxico bicomponente compuesto por:

- Componente A: resina epóxica.
- Componente B: endurecedor especializado.

El mezclado se ejecutó siguiendo las proporciones indicadas por el fabricante:

- Relación de mezcla: 4: 1 en peso (A: B).

El componente B se añadió completamente sobre el componente A y se mezcló con un agitador de baja velocidad para evitar atrapamiento de aire hasta obtener una mezcla

homogénea. Durante este proceso se evitó el raspado excesivo de las paredes del recipiente para no incorporar material parcialmente polimerizado.

Debido a su rápido endurecimiento, no se fraccionaron unidades de producto.

El sistema presenta una vida útil de mezclado (“pot life”) de 30-40 minutos, dependiendo de la temperatura ambiental, por lo que se prepararon únicamente cantidades que pudieran ser aplicadas dentro de ese periodo.

El sistema requiere la aplicación de dos capas consecutivas, cumpliendo las siguientes condiciones técnicas:

- Primera capa: se aplicó sobre la superficie debidamente preparada con un consumo aproximado de 400–600 g/m².
- Tiempo de secado inicial: entre 4 y 5 horas, dependiendo de las condiciones ambientales.
- Intervalo para repinte: la segunda capa se aplicó tras un periodo comprendido entre 6 y 24 horas luego de la primera.
- Segunda capa: misma metodología, con el mismo rango de consumo, para lograr espesor uniforme, mayor resistencia mecánica y homogeneidad estética.
- Curado final: el recubrimiento alcanzó su dureza funcional aproximadamente a los 3 días, momento a partir del cual es apto para limpieza, tránsito ligero y contacto con agentes químicos compatibles.

Después de cada capa, la superficie se protegió de polvo, lluvia, condensación o contaminación durante las primeras 12 horas. Se evitó cualquier tipo de lavado, impacto o contacto con maquinaria mientras el sistema permanecía en proceso de curado.

MAPEFLEX MS 45. El sellado del espacio existente entre los muretes contruidos y los paneles tipo sándwich empleados para la conformación de cuartos fríos se ejecutó utilizando Mapeflex

MS 45, un sellador mono componente basado en polímeros híbridos (MS Polymer). Este sellador fue seleccionado debido a su adecuada adherencia sobre superficies cementicias y metálicas prepaintizadas, así como por su capacidad para absorber movimientos diferenciales sin pérdida de continuidad en la junta.

El Mapeflex MS 45 se extruyó directamente dentro de la junta mediante pistola manual, procurando un llenado continuo entre el borde superior del murete y la base del panel sándwich. Posteriormente, el cordón fue conformado manualmente mediante los dedos, previamente humedecidos, buscando garantizar la compactación del material, la eliminación de vacíos y la obtención de un acabado superficial liso y uniforme. La geometría final del sello se diseñó con ligera convexidad para favorecer la evacuación de agua durante los procesos de aseo y evitar acumulaciones que pudieran deteriorar la superficie del panel o generar puntos de retención.

Figura 30

Sello de junta entre panel y murete con Mapeflex MS 45.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Rendimientos de mano de obra

Como parte del control técnico-administrativo del proyecto, se registraron los rendimientos promedio obtenidos por la cuadrilla encargada de la instalación del sistema de pisos industriales. Estos rendimientos permitieron comparar los tiempos reales con el cronograma inicial y evaluar la eficiencia operativa del personal.

Los rendimientos observados fueron los siguientes:

- Escarificación del sustrato: 180–250 m²/día, dependiendo de la dureza del concreto, número de recortes y condiciones iniciales de la superficie.
- Puenteo de juntas estructurales (Eporip + Mapenet 150): 35–50 metros lineales/día, según la cantidad y accesibilidad de las juntas.
- Instalación de Mapefloor CPU+/MF: 80–120 m²/día por cuadrilla, influenciado por el pot life del sistema, temperatura ambiente y continuidad en el suministro de material.
- Construcción de medias cañas (Mapefloor CPU+/COVE): 50–75 metros lineales/día, variando según la geometría perimetral y presencia de columnas.
- Construcción de muretes: Rendimiento de 1,0–1,5 m³/día, equivalente a aproximadamente 10–15 metros lineales/día considerando cimbrado, mezclado, vaciado, nivelación y curado inicial.
- Aplicación de Mapecoat I 24 en muretes: 150–250 m²/día equivalente a la superficie desarrollada del murete, dependiendo de la altura, número de pases y accesibilidad del frente.
- Sellado perimetral con Mapeflex MS 45: 60–90 metros lineales/día, considerando limpieza, aplicación y conformado manual del cordón.

Estos rendimientos se mantuvieron dentro de los rangos esperados para este tipo de sistemas, permitiendo programar de forma adecuada los frentes de trabajo y mantener un avance constante en la instalación del recubrimiento.

El control de calidad del sistema de pisos industriales se estructuró a partir de los lineamientos del fabricante (Mapei) y de los criterios establecidos en la norma ASTM D4541 – Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings, la cual se encuentra incluida en el marco legal del presente trabajo y constituye el método de referencia para evaluar la adherencia de recubrimientos aplicados sobre concreto.

En obra se verificaron los parámetros de aplicación del sistema Mapefloor CPU+/MF y CPU+/RT (espesores, temperatura de sustrato, temperatura ambiente, humedad relativa, tiempos de mezclado, pot life y uniformidad del acabado). Se llevaron registros fotográficos y se efectuó medición sistemática de espesores mediante peine calibrador para asegurar el cumplimiento del valor contractual de 6 mm en la mayoría de las zonas, 8 mm en cava y 3 mm en los cuartos de esclusa, tal como fue establecido en los planos de alcance del proyecto.

Sin embargo, no fue posible realizar las pruebas de adherencia tipo pull-off, debido a las condiciones operativas de la planta de procesamiento de alimentos. Durante el periodo programado para la ejecución de estos ensayos, las cámaras y cuartos fríos se encontraban en pleno funcionamiento, alcanzando temperaturas continuamente inferiores a 5°C. La **ASTM D4541** establece que las superficies sometidas a ensayo deben encontrarse dentro de rangos controlados de humedad y temperatura que permitan la adecuada adhesión tanto del dolly como del adhesivo empleado, condiciones que no pudieron cumplirse en un ambiente de refrigeración activa.

Finalmente, La comparación realizada entre los consumos teóricos y los consumos reales registrados como se observa en la **Figura 23**, evidencia que las variaciones se mantuvieron dentro de rangos aceptables para la instalación de sistemas de poliuretano–cemento. En la mayoría de las zonas recubiertas con Mapecfloor CPU+ MF de 6 mm, los consumos reales se encontraron entre -8% y $+6\%$ respecto al valor teórico de $10,20 \text{ kg/m}^2$, lo cual refleja un adecuado control de espesores, una correcta preparación del sustrato y una operación estable durante la instalación.

Las áreas con menor consumo —como HPP, cuarto prefrió y lavado— presentaron variaciones negativas entre -3% y -8% , asociadas principalmente a superficies con buena regularidad y baja absorción después del proceso de escarificación. Por el contrario, sectores como pasillo de maduradores y zona de proceso mostraron ligeros sobreconsumos entre $+3\%$ y $+6\%$, atribuibles a micro-irregularidades del concreto y a repasos localizados necesarios para uniformizar el acabado.

En el caso de la cava (8 mm), el consumo real fue $14,20 \text{ kg/m}^2$, equivalente a una variación del $+4,4\%$, valor coherente con la mayor demanda de material en zonas sometidas a tránsito y choque térmico. Las áreas de 3 mm (cuarto y pasillo de esclusa) presentaron pequeñas variaciones positivas y negativas dentro del rango de $\pm 6\%$, sin impactos significativos en el rendimiento global.

Para el sistema Mapecfloor CPU+ RT, aplicado en un espesor de 8 mm en la zona de empaque, el consumo real fue de $15,40 \text{ kg/m}^2$, apenas $3,8\%$ inferior al teórico, comportamiento adecuado dada la uniformidad del sustrato y la centralización del frente de trabajo.

En conjunto, las variaciones observadas confirman que el proceso constructivo se ejecutó conforme a los parámetros del fabricante, sin sobreconsumos injustificados y con un control adecuado del espesor y la dosificación de los sistemas aplicados.

En la **Tabla 5** se ilustra los metros finalmente ejecutados en el proyecto los cuales contaron con el apoyo técnico en supervisión, control, seguimiento del avance e informes semanales de obra como se muestra en la **Figura 31**.

Tabla 5

Resultados finales del proyecto.

Ítem	Cantidad contractual	Cantidad ejecutada	Variación (%)	Observaciones relevantes
Recubrimiento Maefloor CPU+ MF	826,75 m ²	800,67 m ²	-3,15%	Se ajustaron áreas por decisiones del cliente y límites geométricos en obra.
Recubrimiento Maefloor CPU+ RT	88,47 m ²	65,00 m ²	-26,50%	Parte del área prevista para RT se recubrió finalmente con MF o no se ejecutó por solicitud del cliente.
Media caña CPF+/COVE (7 cm)	—	210,15 m	—	Conformada para garantizar continuidad en encuentros piso—muro.
Media caña CPF+/COVE (5 cm)	—	36,40 m	—	Aplicada en zonas de esclusas donde la geometría era más reducida.

Total, media caña	305,21 m	246,55 m	-19,2%	Ajustes solicitados por el cliente y optimización de encuentros.
Muretes	133,61 m	49,53 m	-62,9%	El cliente modificó alturas y eliminó algunos tramos por reducción de costos.
Consumos MF (promedio)	10,20 kg/m ² (teórico)	9,35– 10,80 kg/m ² (real)	–8% a +6%	Variaciones normales por rugosidad, absorción y micro correcciones.
Consumo RT (promedio)	16,00 kg/m ² (teórico)	15,40 kg/m ² (real)	–3,8%	Sustrato regular y buen control de llana y espesor.

Nota. Elaboración propia (2025).

El realizar menores cantidades se debe como se indica con anterioridad, a modificaciones geométricas en sitio, no siempre las áreas en planos coincidieron con las finalmente aplicadas. Finalmente, todo este apoyo al proyecto significó un aprendizaje importante y éxito final del proyecto realizado en la fábrica Coltrópicos S.A.S.

Figura 31

Informe de obra proyecto Coltrópicos.

		INFORME SEMANAL DE OBRA				F-01	
						Versión	
						Página	
PERIODO DEL INFORME		DEL	7/6/2025	AL	19/6/2025	ELABORA POR	Samuel Rincón Medina
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO							
No	GENERALIDADES						
1.1	NOMBRE DE LA OBRA		Coltrópicos				
1.2	CENTRO DE COSTOS						
1.3	TIPO DE CONTRATO		Contrato de Obra a Precio Global Fijo y en Modalidad Llave en Mano				
1.4	CONTRATANTE		Green Yellow Energía De Colombia S.A.S representado legalmente por Juan Pablo Duque Camacho				
1.5	OBJETO DE LA OFERTA		Suministro y aplicación de revestimientos para pisos y sello de juntas en fábrica Coltrópicos en Guarne - Antioquia.				
1.6	RESIDENTE DE OBRA		Samuel Rincón Medina				
1.7	AJUDAR ADMINISTRATIVO DE OBRA						
1.8	VALOR DEL CONTRATO INICIAL SIN IVA						
1.9	VALOR DEL CONTRATO A EJECUTAR ESTIMADO SIN IVA						
1.10	VALOR EJECUTADO A LA FECHA						
1.11	VALOR POR EJECUTAR Y FACTURAR						
1.12	FECHA DE INICIO		8/6/1990				
1.13	FECHA DE TERMINACION		8/6/1990				
1.14	AMPLIACIONES		PLAZO ACTUALIZACION DE POLIZAS		#VALOR		
1.15	VIGENCIA DEL CONTRATO Y/O ORDEN		78 días				
1.16	PORCENTAJE DE EJECUCION DE LA OBRA		81,00%				
1.17	ACTA DE PLANEACION INTERNA		FECHA DE ELABORACION		8/04/2025		ELABORADA POR Arturo Rodriguez Cruz
1.18	PLAN DE CALIDAD DE LA OBRA		FECHA DE ELABORACION		8/04/2025		ELABORADO POR Arturo Rodriguez Cruz
2. RENDIMIENTOS DE INSUMOS ESPECIALES							
ZONA DE PROCESOS							
1.0	ACTIVIDAD	Suministro y aplicación de mortero tricomponente con base poliuretano en espesor de 6 mm.	Cant. Contractual a Ejecutar	165,18	m2	Cant. Ejecutado	174,79 m2
HPP DESINFECCION							
2.0	ACTIVIDAD	Suministro y aplicación de mortero tricomponente con base poliuretano en espesor de 6 mm.	Cant. Contractual a Ejecutar	89,12	m2	Cant. Ejecutado	107,55 m2
PASILLO DESPACHO							
3.0	ACTIVIDAD	Suministro y aplicación de mortero tricomponente con base poliuretano en espesor de 6 mm.	Cant. Contractual a Ejecutar	67,56	m2	Cant. Ejecutado	62,06 m2
CAVA PRODUCTO TERMINADO							
4.0	ACTIVIDAD	Suministro y aplicación de mortero tricomponente con base poliuretano en espesor de 6 mm.	Cant. Contractual a Ejecutar	88,47	m2	Cant. Ejecutado	76,99 m2
PASILLO DE MADURADORES							
5.0	ACTIVIDAD	Suministro y aplicación de mortero tricomponente con base poliuretano en espesor de 6 mm.	Cant. Contractual a Ejecutar	77,49	m2	Cant. Ejecutado	76,43 m2
ZONA DE EMPAQUE							
6.0	ACTIVIDAD	Suministro y aplicación de mortero tricomponente con base poliuretano en espesor de 6 mm.	Cant. Contractual a Ejecutar	73,15	m2	Cant. Ejecutado	65,00 m2
MURETE							
7.0	ACTIVIDAD	Construcción de muretes de 25cm de altura con concreto de 4000 psi	Cant. Contractual a Ejecutar	119,21	m	Cant. Ejecutado	21,15 m
8.0	ACTIVIDAD	Construcción de muretes de 10cm de altura con concreto de 4000 psi	Cant. Contractual a Ejecutar	14,40	m	Cant. Ejecutado	46,86 m
3. OBSERVACIONES GENERALES							
DEL 1 AL 12 DE 2025							
Se añade a las actividades iniciales, planteado en lo contractual, la adición de otras tareas como corte y demolición para ubicar resistencia en puerta de Cava, rampas en acceso a zona de Empaque y rampa en zona de Lava							
Se logra una aplicación ideal del producto en varias zonas, gracias a la colaboración de Coltrópicos y otros contratistas de disponer del espacio adecuado.							
Se presentó retrasos en la entrega de material lo que retrasó actividades de suministro y aplicación del recubrimiento.							
Se recibió visita en dos fechas por parte de personal de Coltrópicos.							
Se hizo limpieza de cada una de las zonas ha aplicar recubrimiento, así mismo su señalización y se advertía de estas jornadas para evitar contaminación del mismo.							
4. REGISTRO FOTOGRÁFICO							
							

Nota. Elaboración propia (2025). Informe realizado en formatos oficiales de Beton Ingenieros los cuales se presentan semanalmente a la empresa.

Figura 32

Proyecto finalizado.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Figura 33

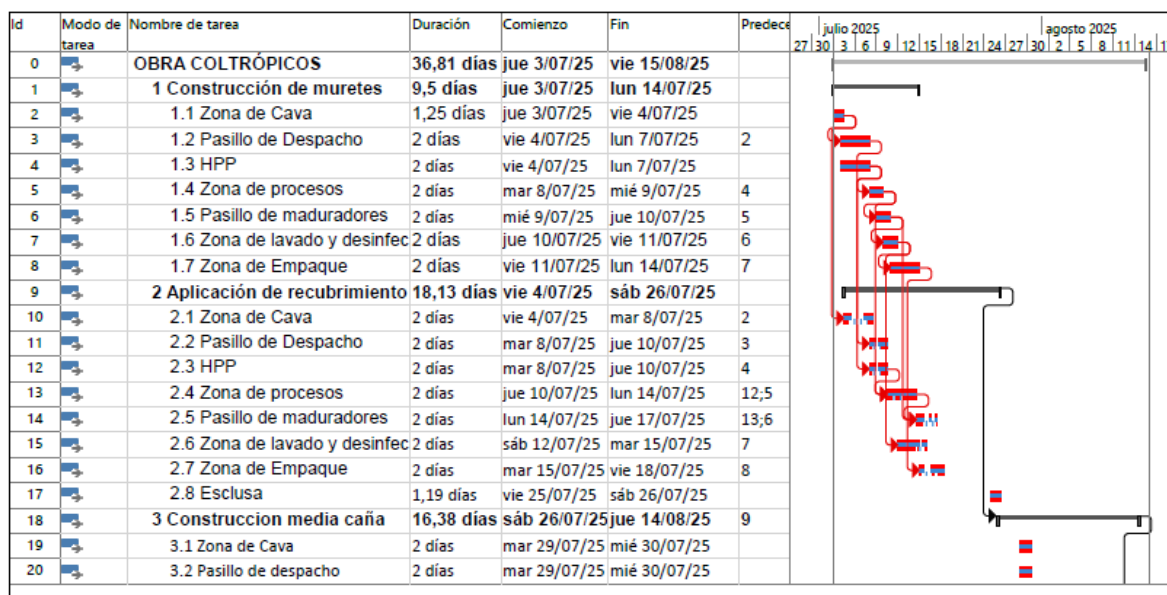
Toma de fábrica en funcionamiento con el recubrimiento instalado.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Figura 34

Programación en Project.



Nota. Elaboración propia (2025).

En general se presentó muchas variaciones respecto al cronograma base, por lo cual, a través de Microsoft Project se hacen actualizaciones diarias, ya que estas variaciones se presentaban en esta misma secuencia de tiempo. Dentro de las razones de las desviaciones generalmente negativas al cronograma se presentó:

- Falta de materiales en sitio para inicio de instalación de recubrimiento.
- Nada o poco personal en obra.
- Modificaciones del cliente en cuanto a las preferencias de zonas a ejecutarse.
- Actividades adicionales de otros contratistas que interrumpen la continuidad de la obra.

Todo esto significó retraso de hasta 3 semanas en base al cronograma inicialmente planteado, sin embargo, si finaliza el proyecto dando cumplimiento a todas las actividades contractuales y dando una alta garantía de los trabajos realizados al seguir paso a paso la indicación de cada ficha técnica, norma, proceso y detalle constructivo.

Proyecto 2: Impermeabilización de cubiertas en Hobby Homes

Presentación del proyecto

El proyecto consistió en la impermeabilización de las cubiertas del conjunto residencial Hobby Homes, ubicado en El Retiro (Antioquia), una zona con alta humedad y bajas temperaturas, condiciones que exigen sistemas impermeables de alto desempeño. La empresa Convel S.A.S. contrató a Beton Ingenieros S.A.S. para ejecutar la instalación del sistema cementoso flexible Mapelastic Smart, reforzado con Mapenet 150 y complementado con Mapeband Easy en puntos singulares, según la propuesta técnico-económica presentada.

El alcance incluyó la preparación del sustrato, tratamiento de fisuras, instalación de refuerzos y aplicación de las capas del sistema impermeabilizante en las cubiertas de varias torres del conjunto. Durante el periodo de práctica (julio–octubre de 2025) se acompañó la supervisión técnica del proyecto, alcanzando un avance aproximado del **75 %**, correspondiente únicamente al tiempo en el que el practicante estuvo presente en obra.

Figura 35

Torres de Hobby Homes en un renderizado.



Nota. Imagen tomada de Convel, n.d., <https://convel.co/hobby-homes/>

Este proyecto permitió aplicar y reforzar conocimientos en control de calidad, seguimiento de actividades y verificación del cumplimiento de las fichas técnicas del fabricante dentro de un sistema especializado de impermeabilización.

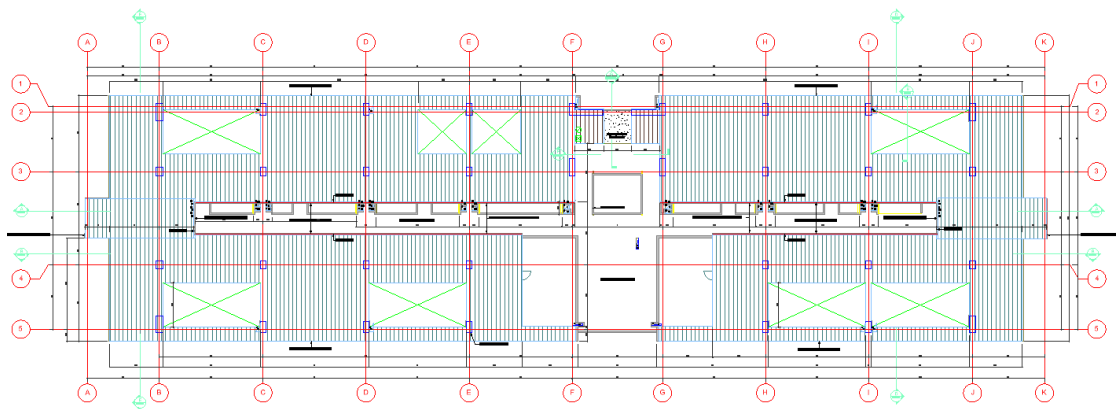
Actividades iniciales

Las actividades iniciales del proyecto estuvieron orientadas a la revisión técnica y administrativa previa a la ejecución, con el fin de garantizar una correcta planeación y organización de las labores de impermeabilización en las cubiertas del conjunto residencial Hobby Homes.

En primera instancia, se llevó a cabo la revisión de la propuesta técnico-económica presentada por Beton Ingenieros S.A.S. y del contrato suscrito con la constructora Convel S.A.S., con el objetivo de identificar con claridad el alcance, las cantidades aprobadas, los materiales especificados y las obligaciones técnicas del contratista. Esta revisión permitió establecer los límites de intervención y comprender detalladamente los ítems contratados para la instalación del sistema Mapelastic Smart reforzado.

Figura 36

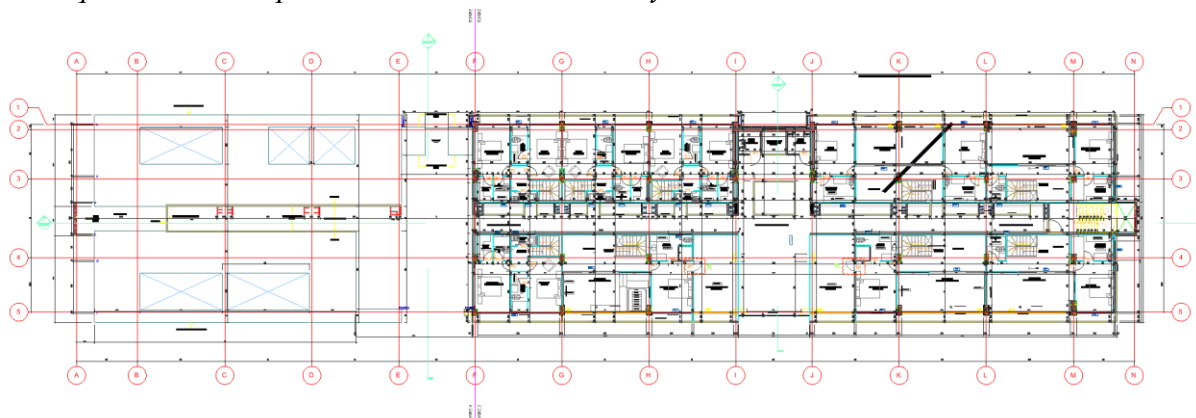
Plano arquitectónico de planta de cubierta Torre 1.



Nota. Tomado de Grupo Arké (2025), AT2/4-6 – Planta.

Figura 37

Plano arquitectónico de planta de cubierta Torre 2-4 y mezanine.



Nota. Tomado de Grupo Arké (2025), AT1-7 – Planta.

Posteriormente, se realizaron inspecciones visuales iniciales en las cubiertas de las diferentes torres, con el fin de evaluar el estado del sustrato, identificar fisuras, desprendimientos, acumulación de suciedad, zonas con retención de agua y posibles interferencias con otros oficios. Estas inspecciones permitieron definir sectores prioritarios, determinar áreas que requerían correcciones preliminares y establecer la secuencia de intervención de manera técnica y ordenada.

Con base en la información recopilada, se procedió a la programación de actividades utilizando Microsoft Project, organizando los frentes de trabajo, la disponibilidad de personal, la logística de materiales y la asignación de equipos necesarios para el lavado, preparación y aplicación del sistema impermeabilizante. Esta programación permitió coordinar adecuadamente la liberación de áreas por parte de Convel y planificar cada etapa según las condiciones climáticas del oriente antioqueño.

Control de avance de obra con Microsoft Project.

Nota. Elaboración propia (2025).

Finalmente, se verificaron las condiciones iniciales de obra, incluyendo accesos, puntos de conexión eléctrica e hidráulica para el lavado a presión, zonas de almacenamiento de materiales, circulación segura para el personal y rutas de traslado hacia las cubiertas. Esto aseguró un inicio ordenado de la obra y permitió establecer los parámetros mínimos de seguridad y operación para el desarrollo del proyecto.

Estas actividades iniciales fueron fundamentales para estructurar el proceso constructivo y garantizar que la ejecución del sistema impermeabilizante se desarrollara de manera segura, planificada y acorde con los lineamientos contractuales.

Preparación de superficie

La preparación del sustrato para la instalación del sistema impermeabilizante se desarrolló siguiendo una secuencia estricta de actividades orientadas a garantizar la adherencia, continuidad y desempeño del sistema Mapelastic Smart reforzado con Mapetex SEL N y Mapeband Easy.

En primera instancia, se realizó un desbaste mecánico de la losa y de los bordillos perimetrales, cuyo propósito fue eliminar contaminantes, restos de recubrimientos anteriores, partículas sueltas y zonas superficiales deterioradas. Este proceso permitió obtener una superficie limpia y con la textura mínima requerida para asegurar la correcta adherencia del mortero cementoso flexible.

Posteriormente, se ejecutó el ruteo de fisuras que excedían la capacidad de puenteo natural del sistema. Estas fisuras, al ser más anchas (mayores a 0,75 mm) o presentar movimiento, debían ser abiertas de manera controlada para permitir su sellado adecuado. El ruteo se realizó hasta alcanzar una geometría uniforme que garantizara una correcta recepción del sellante.

La medición de estas fisuras se realiza con un fisurómetro el cual permite comparar ya sea en unidades métricas o inglesas, al ancho de la fisura que se está estudiando. Lo anterior permite, tener un sustento de porqué se intervienen ciertas fisuras y otras no, para realizar la aplicación del sello elastomérico.

Figura 39

Uso de maquina destroncadora para descontaminación de superficie.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Figura 40

Desbaste de losa y bordillos.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Figura 41

Medición de fisuras.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Una vez completado el ruteo, se procedió a un lavado a presión sobre toda el área intervenida, con el fin de retirar polvo, residuos del desbaste, partículas sueltas y cualquier agente que pudiera reducir la adherencia del sistema de impermeabilización. Este lavado permitió exponer un sustrato completamente limpio previo al tratamiento final de fisuras.

Finalmente, se realizó el sellado de las fisuras ruteadas utilizando Mapeflex MS 45, un sellante monocomponente de alto desempeño, adecuado para discontinuidades que requieren elasticidad y recuperación ante movimientos mínimos. Este sellado constituye el último paso antes de la instalación de los refuerzos con Mapetex SEL N y de la posterior aplicación de las capas de Mapelastic Smart.

Figura 42

Lavado a presión de superficie.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Figura 43

Sello de fisuras con Mapeflex MS 45.



Nota. La imagen evidencia la aplicación del sello en fisuras a las que se les realizó ruteo, esto permite que cuando se presenten movimientos en la losa sean disipados. Fotografía tomada por el autor (2025).

La secuencia descrita permitió obtener una superficie estable, limpia, tratada y compatible con el sistema impermeabilizante, cumpliendo con los requerimientos del fabricante y asegurando el desempeño adecuado del sistema instalado.

Aplicación del sistema

La instalación del sistema impermeabilizante se desarrolló de acuerdo con los lineamientos técnicos establecidos por el fabricante. El proceso se clasifica según los materiales que lo componen: Mapeband Easy, Mapeflex MS 45, Mapetex SEL N y Mapelastic Smart. A continuación, se describe la función de cada producto y su método de aplicación según su ficha técnica.

MAPEBAND EASY. Cinta de goma embebida entre dos capas de tela no tejida para sellar juntas elásticas en sistemas de impermeabilización. Es elástico, deformable y tiene una serie de orificios a lo largo de los bordes para generar fijación mecánica con el producto impermeabilizante aplicado. Se utiliza como parte de un sistema de impermeabilización flexible con los productos MAPELASTIC, MONOLASTIC, MAPELASTIC AQUADEFENSE y AQUAFLEX ROOF.

Figura 44

Mapeband easy.



Nota. Tomado de Mapeband Easy, por Mapei (s. f.), Mapei Colombia, <https://www.mapei.com/co/es-co/productos/lista-de-productos/detalles-del-producto/mapeband-easy>

El tratamiento de puntos singulares inició con la instalación de Mapeband Easy, una banda elástica de caucho modificado reforzada en ambas caras con un tejido no tejido de polipropileno, diseñada para absorber movimientos y garantizar la continuidad impermeable en zonas críticas como cambios de plano, bordillos, perímetros, bajantes y juntas de construcción. Según su ficha técnica, la banda presenta un espesor de 0,68 mm, un peso aproximado de 285 g/m² y una elevada elongación a la rotura del 315 %, lo que le permite adaptarse a deformaciones sin perder su integridad. Su resistencia a la tracción, evaluada en 45 N / 15 mm, le proporciona estabilidad mecánica adicional al sistema cuando se somete a esfuerzos localizados.

Figura 45

Instalación de mapeband easy en esquinas.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Para su instalación, se aplicó inicialmente una capa fresca de Mapelastic Smart en la zona a reforzar, sobre la cual se colocó la banda extendiéndola manualmente hasta garantizar su total impregnación. Se eliminó cualquier formación de pliegues o burbujas, ya que estas interfieren con la continuidad del sistema impermeable. La banda se recubrió inmediatamente con una segunda capa de Mapelastic Smart, encapsulándola por completo y asegurando su fusión con el mortero impermeabilizante. Conforme a lo establecido por el fabricante, cuando fue necesario unir tramos de banda, se realizó una superposición mínima de 5 cm, garantizando la continuidad mecánica y la estanqueidad en las zonas de empalme.

Figura 46

Continuación de la impermeabilización en esquinas.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

La alta deformabilidad del material, combinada con su compatibilidad química con morteros cementosos flexibles, permitió que el refuerzo absorbiera tensiones y movimientos diferenciales sin transmitir fisuración al sistema impermeable. Esto convirtió a Mapeband Easy en un componente indispensable para asegurar el desempeño y durabilidad del sistema en todos los

puntos donde las cubiertas de Hobby Homes presentaban riesgo de movimiento o ingreso de agua.

MAPETEX SEL N. La malla Mapetex SEL N es un tejido no tejido de polipropileno especialmente formulado para reforzar membranas impermeables flexibles como Mapelastic Smart. Según su ficha técnica, está compuesta por fibras continuas de polipropileno unidas mediante un proceso de “needle-punch” mecánico, lo que les confiere una estructura estable, ligera y altamente resistente a los álcalis contenidos en el cemento.

Esta malla mejora significativamente las propiedades del sistema impermeabilizante, incrementando su resistencia al golpe, su tenacidad, la deformación máxima antes de ruptura y la capacidad de puenteo de fisuras. Además, su resistencia dimensional y su comportamiento frente a agentes atmosféricos hacen que sea un refuerzo duradero y confiable en ambientes exigentes.

Para su aplicación, se coloca sobre la primera capa de Mapelastic Smart aún fresca, asegurando que la malla quede totalmente embebida y sin pliegues ni dobleces. Luego se presiona cuidadosamente con llana para asegurar una completa adhesión entre la malla y el mortero. Una vez asentada la malla, se aplica una segunda capa del mismo mortero para cubrirla por completo y garantizar su integración estructural al sistema impermeabilizante.

La malla Mapetex SEL N se presenta en rollos de 25 m de largo por 1 m de ancho, y los solapes longitudinales y transversales entre rollos deben tener como mínimo 5 cm para conservar la continuidad del refuerzo.

Figura 47

Impermeabilización de losa.



Nota. Impermeabilización en losa con primera capa, la cual incluye que la tela Mapetex quede embebida entre esta, posteriormente se aplica una segunda capa para finalizar el sistema.

Fotografía tomada por el autor (2025).

Figura 48

Rollos de mapetex sel n.



Nota. Tomado de Mapetex Sel N, por Mapei (s. f.), Mapei Colombia, <https://www.mapei.com/pe/es-pe/productos-y-soluciones/lista-de-productos/detalles-del-producto/mapetex-sel-n>

Por sus características, Mapetex SEL N fue una parte clave del sistema en Hobby Homes, ya que permitió reforzar la membrana de Mapelastic Smart, mejorar su capacidad para resistir deformaciones y garantizar una mayor durabilidad ante fisuras y esfuerzos mecánicos, especialmente en un contexto de cubiertas con potencial de movimiento o tensiones estructurales.

MAPELASTIC SMART. Mapelastic Smart es un mortero bicomponente de alta flexibilidad compuesto por un componente A en polvo (cemento, cargas granulométricamente seleccionadas y aditivos especiales) y un componente B líquido a base de polímeros sintéticos en dispersión acuosa. Ambos componentes, al mezclarse, producen un mortero tixotrópico altamente deformable, diseñado para la impermeabilización y protección del hormigón y de soportes cementicios incluso sometidos a microfisuración. El sistema posee una elevada capacidad de puenteo de fisuras, incluso a bajas temperaturas, y cumple criterios de impermeabilidad y protección frente a agentes agresivos, incluido CO₂ y cloruros.

Uno de los atributos más relevantes del producto es su elevada elasticidad, que le permite absorber deformaciones dinámicas del sustrato sin pérdida de estanqueidad. Además, el sistema presenta una muy baja permeabilidad al agua (presión positiva), elevada adherencia sobre concreto, morteros y superficies verticales, y resistencia comprobada a ciclos de hielo–deshielo y a exposición continua al agua.

Figura 49

Mapelastic smart.



Nota. Tomado de Mapelastic Smart, por Mapei (s. f.), Mapei Colombia, <https://www.mapei.com/co/es-co/productos/lista-de-productos/detalles-del-producto/mapelastic-smart>

El contenido completo del componente B debe verterse en un recipiente y posteriormente se agrega de manera gradual el componente A, mezclando con taladro de bajas revoluciones hasta obtener una pasta homogénea, libre de grumos y con consistencia plástica. No se debe añadir agua adicional. Esta relación garantiza las propiedades mecánicas y la flexibilidad declarada por el fabricante.

Mapelastic Smart debe aplicarse siempre en dos capas, normalmente con llana metálica o brocha dura:

- Primera capa: Se extiende uniformemente para cubrir la superficie y obtener un espesor aproximado de 1.0 mm.
- Mientras está fresca, se coloca y embebe la malla Mapetex SEL N, garantizando la eliminación de burbujas y pliegues.

- Segunda capa: Se aplica una vez la primera capa se encuentra endurecida al tacto (aprox. 4–5 horas en condiciones normales), hasta alcanzar un espesor total final de 2 mm, equivalente a un consumo aproximado de 1.6 kg/m² por mm ($\approx$ 3.2 kg/m² total).

Figura 50

Mezcla de componentes con taladro de bajas revoluciones.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Tiempos de espera:

- Tiempo entre capas: 4 a 5 horas, dependiendo de temperatura, viento y humedad.
- Exposición a lluvia: debe evitarse por mínimo 24 horas después de la segunda capa.
- Colocación de acabados o protección: después de 5 días bajo condiciones de 23°C y 50% HR.

Preparación de juntas y detalles:

Los puntos críticos —bordes, drenajes, encuentros verticales–horizontal— deben reforzarse con Mapeband Easy, embebido entre las dos capas del sistema. Las fisuras activas o mayores a la capacidad de puenteo deben routarse, limpiarse y sellarse

previamente con Mapeflex MS45, ya que Mapelastic Smart no está diseñado para absorber aperturas dinámicas significativas sin tratamiento previo.

Figura 51

Aplicación de segunda capa con rodillo.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Por último, se presenta la medición de áreas y cálculo de consumos en el proyecto, partiendo de que el consumo es de $1.6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{mm}$, así logrando la estimación de material con un porcentaje de desperdicio del 5%, teniendo en cuenta que el sistema es aplicado en 2 capas que por ficha técnica es de 2mm, esa misma instrucción es aplicada en la impermeabilización.

Tabla 6

Cálculo de áreas de cubierta para impermeabilizar de Torre 1.

CUBIERTA			
UBICACIÓN	LARGO (m)	ANCHO (m)	ÁREA TOTAL (m ²)
Ejes (G-K) (4-5)			171,85
VACIO (H-I) (4-5)	-3,15	6,90	-21,74
VACIO (I-J) (4-5)	-3,15	6,90	-21,74
BORDILLOS VERTICALES			19,65
TACO ESCALAS EJE A			18,62
BORDILLOS VERTICALES			3,97

Nota. Se discriminan las áreas con colores para identificarse de acuerdo con el plano mostrado en la **Figura 52**. Elaboración propia (2025).

Tabla 7

Cálculo de áreas de cubierta para impermeabilizar de Torre 4.

CUBIERTA TORRE 4			
UBICACIÓN	LARGO (m)	ANCHO (m)	ÁREA TOTAL (m ²)
Ejes (A-F) (1-3)			201,89
VACIO (B-C) (1-3)	-3,15	6,90	-21,74
VACIO (D-E) (1-3)	-3,15	3,43	-10,79
VACIO (E-F) (1-3)	-3,15	3,43	-10,79
BORDILLOS VERTICALES			17,58
Ejes (A-F) (4-5)			172,49
VACIO (B-C) (4-5)	-3,15	6,90	-21,74
VACIO (D-E) (1-3)	-3,15	6,90	-21,74
BORDILLOS VERTICALES			16,07
TACO ESCALAS EJE A			17,03
BORDILLOS VERTICALES			1,21

Nota. Se discriminan las áreas con colores para identificarse de acuerdo con el plano mostrado en la **Figura 53**. Elaboración propia (2025).

Tabla 8

Cálculo de consumos para Torre 1.

CONSUMO DE MATERIAL TORRE 1			
MAPELASTIC SMART	MAPETEX SEL N	MAPEBAND EASY	
26,0	9,0	3,3	
2,3	0,7	0,5	
28,3	9,8	3,7	TOTAL

Nota. Elaboración propia (2025).

Tabla 9

Cálculo de consumos para Torre 4.

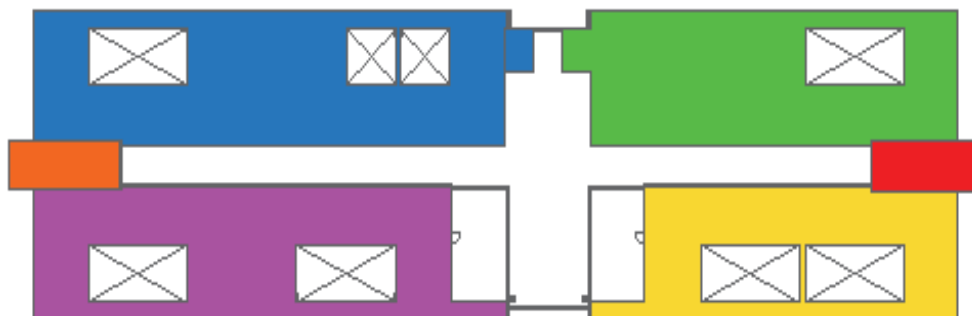
CONSUMO DE MATERIAL TORRE 4			
MAPELASTIC SMART	MAPETEX SEL N	MAPEBAND EASY	
18,8	6,7	3,9	
15,5	5,4	3,6	
1,9	0,7	0,7	
36,2	12,8	8,2	TOTAL

Nota. Elaboración propia (2025).

Los cálculos de consumos además de ser una referencia teórica de la cantidad de material que se debe emplear para cada una de las cubiertas de las Torres, nos permite tener también la cantidad exacta de material para solicitar en la obra y así contar con todo lo necesario para la ejecución del proyecto. Estas cantidades fueron mayoradas en un 5% de desperdicio, el cual, se reflejó en las requisiciones de material que siempre fueron mayores a las calculadas teóricamente. Sin embargo, esta comparación del consumo teórico vs real se analizará más adelante por Torre para manejar de una manera general este análisis.

Figura 52

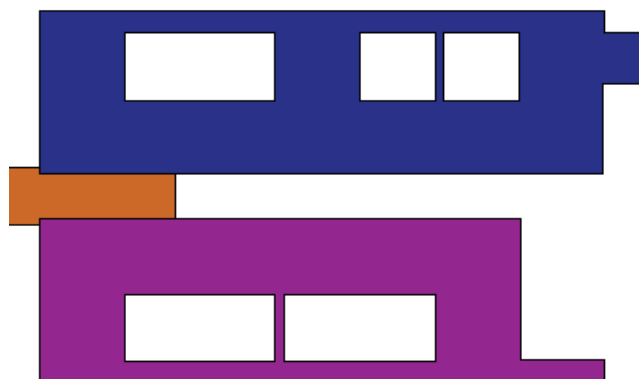
Área total de aplicación de Torre 1.



Nota. Plano discriminado por colores de Torre 1, facilitando la identificación de las áreas y consumo para cada cubierta. Elaboración propia (2025).

Figura 53

Área total de aplicación de Torre 4.



Nota. Plano discriminado por colores de Torre 4, facilitando la identificación de las áreas y consumo para cada cubierta. Elaboración propia (2025).

Se presentó un consumo real mayor al teórico, se presentaron errores en instalación de Mapeband Easy al no pegarse bien a el sustrato y bordillo, falta de adherencia por mala preparación de superficie, daños por precipitaciones y escorrentías superficiales que ocurrían en

menor tiempo al de secado que indican las fichas técnicas. Además, una vez se realizaban las pruebas de estanqueidad donde se aplica una carga hidrostática como lo indica la **NTC 4901**, se corregían filtraciones con el mismo producto impermeabilizante lo que generaba sobreconsumos. Se detectó finalmente, que los errores de mezclado, mano de obra poco minuciosa en sus acabados y el clima, fueron los factores más influyentes para que se consumiera más cantidad de la calculada teóricamente, lo que genera un impacto económico adverso para la empresa.

Tabla 10

Comparación de consumos en impermeabilización.

Torre	Área intervenida (m ²)	Material	Consumo teórico por m ²	Consumo teórico total	Consumo real total	Diferencia (kg / m / unid.)	Variación (%)
Torre 1	265,32	Mapelastic Smart (kg)	1.6 kg/m ² por mm (≈3.2 kg/m ² para 2 mm)	849,02	965,7	+116,76	+13,7 %
		Mapetex Sel N (m ²)	Similar al área	245	255	+10	+4,1 %
		Mapeband Easy (ml)	Según perímetros	111	113	+2	+1,8 %
Torre 4	339,48	Mapelastic Smart (kg)	3.2 kg/m ²	1086	1221	+135	+12,4 %
		Mapetex Sel N (m ²)	Similar al área	320	323	+3	+0,9 %
		Mapeband Easy (ml)	Según perímetros	246	246	0	0 %

Nota. Elaboración propia (2025).

Rendimientos de mano de obra

Preparación y limpieza del sustrato presentó los siguientes rendimientos calculados en sitio:

- Desbaste mecánico / rectificado de losa (scarify / rectificado con disco):
100–300 m²/día por operador + ayudante (uso de máquina).
Comentario: mayor productividad con máquina de gran potencia; zonas con bordes y cortes reducen rendimiento.
- Ruteo de fisuras (abrir con disco o escariadora):
20 – 60 m/ml (metros lineales)/día por operario (dependiendo de ancho, profundidad y longitud de la fisura).
- Lavado a presión (hidrolavadora) y secado / aspirado:
400 – 800 m²/día por equipo operador + ayudante (depende de acceso y tiempo de secado).

Tratamientos puntuales y juntas:

- Sellado de fisuras con Mapeflex MS 45:
60 – 120 m/ml/día por cuadrilla de 2 personas (limpieza, aplicación y conformado manual).
Valor medio práctico: $\approx$ 80 m/ml/día.
- Instalación Mapeband Easy (puntos singulares, empalmes):
50 – 150 m/ml/día por cuadrilla 2 personas (colocación y embebido con Mapelastic fresco).
En casos con muchas esquinas o detalles puede bajar.

Aplicación del sistema Mapelastic Smart:

- Aplicación Mapelastic Smart – primera capa (incluyendo embebido de malla):
50 – 90 m²/día por cuadrilla de 3 (mezclado, extendido, control de grosor).
Depende de geometría, accesibilidad y cantidad de puntos singulares.

- Aplicación Mapelastic Smart – segunda capa (acabado y cobertura del refuerzo):
120 – 180 m²/día por la misma cuadrilla (segunda mano suele ser algo más rápida si fraguado entre manos fue correcto).
- Rendimiento total del sistema (ambas capas + malla + detalles):
80 – 140 m²/día por cuadrilla de 3 (esto incorpora todo el tiempo de aplicación, embebido y acabados).
Valor medio práctico global: $\approx$ 80–120 m²/día por cuadrilla de 3.

Cada uno de los procesos permitió dar un aporte tanto técnico como administrativo, partiendo de un estudio completo de cada uno de los materiales a usar, sus procedimientos de instalación y su cuidado luego de aplicados. Esto permitió llevar adelante las actividades de manera ordenada, controlada y exitosa. La Figura 51 y Figura 52 muestran el avance materializado en la instancia de prácticas, donde se observa la finalización total de Torre 4.

Además de ir acompañado de informes semanales de obra, donde se evidencian los porcentajes de avance, la trazabilidad del proyecto indicando las áreas ejecutadas en base al plano y su fecha, y la programación base vs la real. Juntando también un registro fotográfico que validara cada una de las actividades realizadas sirviendo como justificación en los informes semanales como se ilustra en las siguientes tres figuras.

Cada uno de estos informes realizados en este proyecto de impermeabilización, aportan un valor agregado a el seguimiento y control de las actividades, nos permite recordar cuando y como se ejecutaron las actividades del proyecto, sirviendo también como garantía para futuros procesos de garantía.

Figura 54

Generalidades del proyecto en el informe.

				INFORME SEMANAL DE OBRA				F-016	
								Versión No. 02	
								Página 1 de 5	
PERIODO DEL INFORME		DEL	14/10/2025	AL	17/10/2025	ELABORADO POR:		Samuel Rincón Medina	
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO									
No	GENERALIDADES								
1,1	NOMBRE DE LA OBRA		HOBBY HOMES						
1,2	CENTRO DE COSTOS		25_02						
1,3	TIPO DE CONTRATO		MANO DE OBRA Y SUMINISTRO						
1,4	CONTRATANTE		CONVEL S.A.S						
1,5	OBJETO DE LA OFERTA		Mano de obra y suministro para impermeabilización con mortero cementoso bicomponente de elevada elasticidad para la protección contra los agentes agresivos, reforzado con malla de fibra de vidrio resistente a los álcalis para las cubiertas de la torre 1 y la 2-4 de la etapa 1						
1,6	RESIDENTE DE OBRA		SAMUEL RINCÓN MEDINA						
1,7	AUXILIAR ADMINISTRATIVO DE OBRA								
1,8	VALOR DEL CONTRATO INICIAL SIN IVA		\$ 133.248.487,74						
1,9	VALOR DEL CONTRATO A EJECUTAR ESTIMADO SIN IVA								
1,10	VALOR EJECUTADO A LA FECHA		\$ 78.720.896,69						
1,11	VALOR POR EJECUTAR Y FACTURAR		\$ 54.527.591,05						
1,12	FECHA DE INICIO CONTRATADO		22/04/2025						
1,13	FECHA DE TERMINACION CONTRATADO		5/07/2025						
1,14	AMPLIACIONES		PLAZO CONTRATADO		75 DÍAS				
			FECHA DE ACTUALIZACIÓN DE POLIZAS						
1,15	PORCENTAJE DE EJECUCION DE LA OBRA		61,28%						
1,16	ACTA DE PLANEACIÓN INTERNA		FECHA DE ELABORACIÓN				ELABORADA POR		
1,17	PLAN DE CALIDAD DE LA OBRA		FECHA DE ELABORACIÓN				ELABORADO POR		

Nota. Informe elaborado en base a formatos oficiales de Beton Ingenieros. Elaboración propia (2025).

Figura 55

Rendimientos de insumos especiales descritos en el informe.

2. RENDIMIENTOS DE INSUMOS ESPECIALES										
ÍTEM	ACTIVIDAD	Mano de obra y suministro para impermeabilización con mortero, cemento bicomponente de elevada elasticidad para la protección contra los agentes agresivos, reforzado con malla de fibra de vidrio resistente a los álcalis.	Cant. Contractual a Ejecutar	1546	und	Cant. Ejecutada Semanal	42	und	Cant. Acumulada	989,35 und
MATERIALES A UTILIZAR (APU)						UND	Consumo por Unidad de medida	EJECUTADO		
							CONSUMO TEÓRICO	CONSUMO REAL	DIFERENCIA	
	Mapelasic Smart				Kg	3,2	4,48	4,5	-	0,02
	Mapetex Sel N				Rolo	24,3	1,73			1,73
	Mapeban Easy				Rolo		-			-
							-			-
							-			-
							-			-
							-			-
							-			-
							-			-
3. OBSERVACIONES GENERALES										
SEMANA DEL			14 DE OCTUBRE	AL		17 DE OCTUBRE		DE	2025	
14/10 - Se prepara terraza de Torre 1 para prueba de estanqueidad, según indicaciones de convel se realiza con la propia agua producto de las precipitaciones hasta que la cubierta se llene 5cm en su altura más baja. Se identifican zonas con poros presentes en la membrana y se corrigen con una capa encima de la misma.										
15/10 - Continuamos aplicación de impermeabilizante en cubierta de Torre 4. Se presenta lluvia de 12:30pm a 1:30pm.										
16/10 - Se presenta lluvia intermitente en la jornada de la mañana, se pasa a revisar filtraciones de Torre 1 por prueba de estanqueidad, se observa mal sello de desagües para la prueba, además, filtración en centro de losa, en la jornada de la tarde se ingresa para detectar en punto exacto en la cubierta y corregir.										
17/10 - Se corrigen zonas de impermeabilización de Torre 1 después de la prueba de estanqueidad. Lo anterior para que se de aval a las siguientes impermeabilizaciones por parte de Convel.										

Nota. Informe elaborado en base a formatos oficiales de Beton Ingenieros. Elaboración propia (2025).

Plano de trazabilidad dentro del informe.

Nota. Informe elaborado en base a formatos oficiales de Beton Ingenieros. Elaboración propia (2025).

Finalizando impermeabilización de Torre 4.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

Figura 58

Impermeabilización finalizada.



Fuente: Fotografía del autor (2025).

La intervención en las cubiertas de las Torres 1 y 4 permitió ejecutar el sistema de impermeabilización Mapelastic Smart reforzado con Mapetex Sel N y complementado con Mapeband Easy en puntos críticos. A partir del control de cantidades y consumos se compararon los valores teóricos establecidos por las fichas técnicas con los consumos reales registrados en obra. En ambas torres se identificaron variaciones moderadas, principalmente asociadas a absorción del sustrato, refuerzos adicionales en zonas fisuradas y mayores longitudes de perímetros que incrementaron el uso de Mapeband Easy. Estos ajustes fueron documentados y no afectaron la continuidad ni el desempeño esperado del sistema.

Durante la ejecución se presentaron condiciones particulares como irregularidades del sustrato y microfisuras no previstas en la etapa contractual, lo que requirió aumentar el uso de refuerzo y ajustar la dosificación de material. Aun así, el proceso mantuvo continuidad y se logró cubrir la totalidad de las áreas programadas. Como aprendizaje técnico, el proyecto evidenció la importancia de la rectificación inicial del soporte para evitar sobreconsumos, la utilidad de realizar verificaciones previas de perímetros para estimar con mayor precisión los

accesorios, y la necesidad de llevar un control sistemático de consumos para anticipar variaciones y tomar decisiones oportunas durante la ejecución.

Conclusiones

En relación con el **Objetivo específico 1 (recopilación y análisis documental)**, se concluye que la revisión técnica realizada permitió comprender los requisitos normativos y constructivos de los sistemas aplicados durante la práctica. La información recopilada en fichas técnicas, manuales de instalación, planos, actas y especificaciones del fabricante se articuló con las normas incluidas en el marco legal. En particular, la **NTC 4901** permitió verificar los criterios exigidos para sistemas cementosos impermeables, mientras que las normas **ASTM D4259**, **ASTM D7234**, **ICRI 310.2R**, **EN 13813** y **EN 1504-2** brindaron los parámetros para la preparación del sustrato, el control del perfil de rugosidad, la adherencia y el desempeño de recubrimientos industriales. Esta revisión normativa facilitó la planeación técnica y la identificación de los procedimientos mínimos requeridos para garantizar la calidad de los sistemas instalados.

Respecto al **Objetivo específico 2 (seguimiento del avance físico)**, se evidencia que el uso de Microsoft Project permitió comparar el progreso real con la programación inicial basada en rendimientos teóricos. En el Proyecto 1, los retrasos y ajustes se asociaron principalmente a la disponibilidad física de las áreas de producción, a la secuencia operativa interna de Coltrópicos y a las restricciones impuestas por el funcionamiento continuo de cuartos fríos. En el Proyecto 2, el comportamiento climático —especialmente lluvias y humedad ambiente obligó a replantear actividades en cubiertas y redistribuir frentes de trabajo. Estas variaciones se lograron documentar cuantitativamente, evidenciando una diferencia entre rendimientos teóricos y reales que osciló entre **-7 % y +14 %** según el sistema y la zona intervenida.

En relación con el **Objetivo específico 3 (supervisión técnica de procesos)**, se concluye que la calidad de los sistemas instalados dependió directamente de la rigurosidad en la

preparación del sustrato y en el control de los parámetros de aplicación. Para el sistema de poliuretano-cemento (Mapefloor CPU+), se verificó la obtención del perfil de rugosidad **CSP 5–7**, en concordancia con la guía **ICRI 310.2R** y con el procedimiento mecánico definido por **ASTM D4259**. Aunque se tenía previsto realizar ensayos pull-off conforme a **ASTM D7234**, estos **no pudieron ejecutarse** debido a las condiciones de baja temperatura en áreas de refrigeración de la planta, lo que impedía cumplir los rangos ambientales y, además, impedía reparar adecuadamente los orificios generados por la extracción de los dolly sin comprometer la integridad higiénica del área. En el sistema cementoso Mapelastic Smart, la aplicación se ejecutó conforme a los criterios establecidos en **NTC 4901**, incluyendo refuerzo con Mapetex SEL N, tratamiento de puntos singulares con Mapeband Easy y verificación de continuidad del sistema en todo el paño impermeabilizado.

En cuanto al **Objetivo específico 4 (elaboración de informes y análisis de resultados)**, la documentación generada permitió establecer diferencias claras entre consumos teóricos y consumos reales. En el Proyecto 1, el sistema CPU+/MF presentó variaciones acumuladas cercanas al **9,2 %**, asociadas a geometrías no regulares, recortes, encuentros con equipos y espesores variables en zonas específicas. El sistema CPU+/RT mostró una variación aproximada del **–3,5 %**, asociada a una mayor uniformidad del sustrato. En el Proyecto 2, los consumos del sistema cementoso presentaron diferencias menores al **10 %**, explicadas por condiciones climáticas, absorciones superficiales y correcciones puntuales del sustrato. La elaboración de informes técnicos permitió consolidar esta información y evaluar los rendimientos reales obtenidos en obra.

Finalmente, desde una perspectiva profesional, la práctica empresarial fortaleció competencias clave en supervisión técnica, interpretación normativa, control de calidad,

planificación con herramientas digitales y toma de decisiones en campo. Entre las principales limitaciones se encuentran las restricciones de operación de la planta Coltrópicos, que impidieron la realización de ciertos ensayos de calidad, y las condiciones climáticas del Proyecto 2, que afectaron parcialmente la continuidad de las actividades. Para futuros procesos de supervisión se recomienda implementar controles de adherencia en áreas no críticas, mejorar la disponibilidad temprana de información técnica contractual y establecer estrategias de programación que incluyan escenarios de variabilidad climática y operativa.

Recomendaciones

La experiencia adquirida durante la práctica empresarial permitió identificar diversas oportunidades de mejora aplicables tanto a futuros proyectos como a la formación continua del practicante. En primer lugar, se recomienda fortalecer la participación temprana en la revisión técnica de propuestas, contratos, fichas técnicas y procedimientos internos. Haber abordado esta documentación desde el inicio facilitó la comprensión de las actividades ejecutadas en obra y permitió anticipar requerimientos, por lo que consolidar este hábito resulta clave para el ejercicio profesional.

Durante la práctica se evidenció la importancia de contar con procesos de preparación de superficie claramente estandarizados, en especial en sistemas especializados como los pisos industriales de poliuretano-cemento y las impermeabilizaciones cementosas reforzadas. Se recomienda que, en futuras experiencias similares, se documenten de manera más detallada los criterios de aceptación del sustrato, los perfiles de rugosidad y los parámetros de inspección visual, ya que estos factores fueron determinantes para garantizar la adherencia y el desempeño final de los sistemas aplicados.

A nivel operativo, la práctica mostró que los rendimientos reales pueden diferir de los rendimientos teóricos y que llevar un registro diario contribuye significativamente a mejorar la programación y la toma de decisiones. Por ello, se sugiere continuar registrando rendimientos de forma sistemática y comparar estos valores con el cronograma programado en herramientas como Microsoft Project, tal como se realizó en ambos proyectos. Este ejercicio permite una visión más realista de la capacidad productiva de cada cuadrilla y de las restricciones logísticas y climáticas que afectan el ritmo de ejecución.

Asimismo, se recomienda favorecer espacios de aprendizaje directo con los aplicadores y oficiales, ya que el intercambio de conocimientos prácticos facilitó la comprensión de técnicas específicas, como la correcta conformación de sellos, la mezcla de morteros bicomponentes o la aplicación por capas de productos especializados. La interacción constante con el personal operativo enriqueció la experiencia de formación y permitió adquirir criterios técnicos difíciles de obtener únicamente desde la formación teórica.

Finalmente, la práctica evidenció la utilidad de mantener una documentación fotográfica organizada y de elaborar informes periódicos. Esta actividad no solo aportó al control del proyecto, sino que también fortaleció la capacidad de comunicación técnica y de análisis crítico. Se recomienda conservar este hábito profesional, ya que la documentación adecuada facilita auditorías, soporte técnico, trazabilidad del proceso constructivo y la retroalimentación entre equipos de trabajo.

Referencias

ACI (American Concrete Institute). (2020). *Guide for Concrete Floor and Slab Construction* (ACI 302.1R-15). American Concrete Institute.

Amado-Godoy, C. C. (2021). *Práctica empresarial informe final en Castañeda Rodríguez Ingeniería & Arquitectura LTDA*. [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. <https://hdl.handle.net/10983/25949>

Argos. (2022). *Manual técnico de concretos Argos*. Cementos Argos S.A. <https://www.argos.co>

ASTM International. (2021). *Annual Book of ASTM Standards*. ASTM International.

Bouygues Construction. (2023). *Internships and work-study programs*. <https://www.bouygues-construction.com/en/careers/internships-and-work-study-programs/>

China Communications Construction Company. (2021). *Campus recruitment and internship program*. <https://en.ccccltd.cn/>

Congreso de Colombia. (1992). *Ley 30 de 1992: Por la cual se organiza el servicio público de la Educación Superior*. Diario Oficial No. 40.700. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=3575>

Congreso de Colombia. (2003). *Ley 842 de 2003: Por la cual se reglamenta el ejercicio de la ingeniería y sus profesiones afines y auxiliares*. Diario Oficial No. 45.345. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=11499>

Congreso de Colombia. (2008). *Ley 1221 de 2008: Por la cual se establecen normas para promover y regular el teletrabajo y se dictan otras disposiciones*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=33036>

Congreso de Colombia. (2020). *Ley 2043 de 2020: Por medio de la cual se establece el derecho de los estudiantes de programas de educación superior a realizar sus prácticas en entidades públicas.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=114139>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2023). *Boletín técnico: Proyecciones de población municipales 2018–2035.* <https://www.dane.gov.co>

Ferrovial. (2024). *Site engineering internships in Ferrovial Construction UK.* <https://www.ferrovial.com/en-us/careers/job-offers/>

GreenYellow. (2024). *GreenYellow y Coltrópico inauguran la primera planta exportadora de aguacate Hass* [Imagen]. GreenYellow. <https://greenyellow.co/greenyellow-y-coltropicos-inauguran-la-primera-planta-exportadora-de-aguacate-hass-fresco-y-procesado-sostenible-en-colombia/>

Hernández Santiago, G. D. (2017). *Práctica empresarial como auxiliar de ingeniería civil, realizando actividades de interventoría técnico-administrativa en la construcción de proyectos en la alcaldía del municipio de Teorama Norte de Santander* [Trabajo de grado, Universidad de Santander]. <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/4006>

ICONTEC. (s. f.). *Normas Técnicas Colombianas aplicables a la construcción.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. <https://www.icontec.org>

IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). (2023). *Cartografía básica y temática de Colombia.* <https://www.igac.gov.co>

INVIAS (Instituto Nacional de Vías). (2013). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras (EG-2013).* <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/especificaciones-generales>

Mapei. (2023). *Eporip – Ficha Técnica*. Mapei S.p.A. <https://www.mapei.com>

Mapei. (2023). *Mapeband Easy – Ficha Técnica*.
https://cdnmedia.mapei.com/docs/librariesprovider36/products-documents/1_ficha-tecnica-mapeband-easy-col-es_2425177a74f44f09a018e943689ae23d.pdf

Mapei. (2023). *Mapecoat I 24 – Ficha Técnica*. Mapei S.p.A. <https://www.mapei.com>

Mapei. (2023). *Mapectex MS45 – Ficha Técnica*. Mapei S.p.A. <https://www.mapei.com>

Mapei. (2023). *Mapectex CPU+/COVE – Ficha Técnica*. Mapei S.p.A.
<https://www.mapei.com>

Mapei. (2023). *Mapectex CPU+/MF – Ficha Técnica*. Mapei S.p.A. <https://www.mapei.com>

Mapei. (2023). *Mapectex CPU+/RT – Ficha Técnica*. Mapei S.p.A. <https://www.mapei.com>

Mapei. (2023). *Mapetex SEL N – Ficha Técnica*. Mapei S.p.A. <https://www.mapei.com>

Mapei. (2023). *Mapelastic Smart – Ficha Técnica*. Mapei S.p.A. <https://www.mapei.com>

Mapei. (2023). *Primer SN – Ficha Técnica*. Mapei S.p.A. <https://www.mapei.com>

Ministerio de Educación Nacional. (2016). *Resolución 2041 de 2016: Por la cual se definen lineamientos para prácticas formativas en programas de educación superior*.
<https://www.mineducacion.gov.co>

Ministerio del Trabajo. (2019). *Resolución 0312 de 2019: Por la cual se establecen los estándares mínimos del SG-SST*.
https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/58588684/resolucion_0312_2019.pdf

Mora Ballesteros, J. M. (2022). *Apoyo técnico a obras de infraestructura, desarrolladas por la empresa Proexi Ingeniería S.A.S. en Convención Norte de Santander y zonas aledañas* [Trabajo de grado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña].
<https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/xmlui/handle/20.500.14167/454>

Mosquera Mosquera, J. E. (2021). *Práctica empresarial como auxiliar de ingeniería civil en la oficina de empresa Viacol Ingenieros Contratistas S.A.S.* [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander]. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/11117>

Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2022). *Normas de seguridad y salud en el trabajo en el sector de la construcción.* <https://www.ilo.org>

Páez Torralba, L. S. (2024). *Informe de pasantía como auxiliar de ingeniería civil en la Empresa Constructora Larami S.A.S.* [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/42277>

Perdomo Londoño, E. J. (2018). *Proyecto de prácticas empresariales como auxiliar de ingeniería civil en Vacab S.A.S.* [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/7870>

Rodríguez-Castro, E. G. (2021). *Informe final trabajo de grado en opción de práctica empresarial en Castañeda Rodríguez Ingeniería & Arquitectura LTDA.* [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. <https://hdl.handle.net/10983/25950>

Téllez López, M. F. (2016). *Supervisión y control del proyecto de mejoramiento y mantenimiento de la carretera Ocaña – La Ondina – Llano Grande Convención como auxiliar de ingeniería con la empresa Explanan S.A.* [Trabajo de grado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña]. <https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/xmlui/handle/20.500.14167/454>

Turner Construction Company. (2023). *College internships.* <https://www.turnerconstruction.com/careers/college-internships>

Useche-Albarracín, D. K. (2023). *Trabajo de grado práctica empresarial informe final en Mendebal S.A.S.* [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. <https://hdl.handle.net/10983/31099>

Valero Ramírez, M. A. (2017). *Práctica profesional como auxiliar de ingeniería en el seguimiento y control de los contratos de obras públicas en la oficina de responsabilidad y control fiscal de la Contraloría General del Departamento, Norte de Santander* [Trabajo de grado, Universidad Francisco de Paula Santander]. <https://es.scribd.com/document/425433213/Informe-Final>

Vinci Construction. (2022). *Internships & international placements*. <https://www.vinci-construction.com/en/talent/internships/>