ATMIRE

Title	Propuesta de procedimiento de control de calidad para subcontratistas en partida crítica de tabiquería utilizando tecnología digital para asegurar los entregables en la empresa M&G infraestructura
Item Type	http://purl.org/coar/resource_type/c_7a1f
Authors	Espinoza Carnero, Harrinson William;Rodriguez Martinez, Elvis Valuis
Publisher	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)
Rights	https://purl.org/coar/access_right/c_abf2
Download date	2026-11-28 08:00:55
Item License	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Link to Item	https://hdl.handle.net/10757/690084

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Propuesta de procedimiento de control de calidad para subcontratistas en partida crítica de tabiquería utilizando tecnología digital para asegurar los entregables en la empresa M&G infraestructura

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Espinoza Carnero, Harrinson William	0009-0001-7404-4087
Rodriguez Martinez, Elvis Valuis	0009-0001-6049-4140

ASESOR(ES)

Hinostroza Aquino, Alexandra	0000-0002-5216-4942

Lima, 26 de junio de 2026

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor incondicional y por ser el ejemplo de perseverancia que ha guiado mi camino. A mi esposa e hijos, por su apoyo constante y por creer en mí en cada etapa de mi formación. Este logro profesional es el fruto de su sacrificio y confianza, y se los dedico con todo mi corazón.

Harrinson William Espinoza Carnero

Dedico esta tesis de suficiencia, en primer lugar, a mi familia, por ser mi mayor fuente de inspiración, fortaleza y apoyo incondicional. Gracias por acompañarme en cada desafío, por su paciencia, confianza y por impulsarme siempre a seguir adelante. También me lo dedico a mí mismo, por la perseverancia, el esfuerzo y la dedicación invertidos a lo largo de este camino. Cada obstáculo superado y cada aprendizaje adquirido han sido fundamentales para alcanzar esta importante meta profesional. Este logro es el resultado del trabajo, el sacrificio y el apoyo compartido de quienes siempre creyeron en mí.

Rodriguez Martinez, Elvis Valuis

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a nuestra alma mater, la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), y a la Facultad de Ingeniería por brindarnos las herramientas y conocimientos necesarios para nuestra formación como ingenieros civiles.

Un agradecimiento especial a nuestra asesora, la Ing. Alexandra Hinostroza Aquino, por su valioso tiempo, guía técnica y paciencia. Sus observaciones y exigencia fueron fundamentales para elevar la calidad de este trabajo y orientarnos hacia la excelencia profesional.

Asimismo, expresamos nuestra gratitud a la empresa M&G Infraestructura S.A.C., quienes su apertura al cambio tecnológico y por facilitarnos la información necesaria para validar nuestra propuesta.

Finalmente, agradecemos a nuestros amigos y colegas, quienes de una u otra forma nos brindaron su apoyo y consejos durante el desarrollo de este trabajo de suficiencia profesional.

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional propone un procedimiento de control de calidad con aporte digital para subcontratistas en la partida crítica de tabiquería (asentado de ladrillo King Block) en el Proyecto Multifamiliar Balthazar de M&G Infraestructura S.A.C. El diagnóstico inicial, realizado mediante encuestas a 15 colaboradores, entrevistas a 5 especialistas y auditoría de 30 muros, reveló que el 86% de las fallas se concentran en juntas, verticalidad y traslapes, y que el 80% de los registros de control son retrospectivos, generando una latencia de 36 horas en la corrección de no conformidades.

La solución diseñada consiste en un procedimiento de control de calidad con aporte digital, estructurado en 8 hitos de control (5 Hold Points y 3 Witness Points) mediante la plataforma no-code AppSheet. Este sistema introduce validaciones síncronas durante la ejecución constructiva, bloqueando el avance al siguiente hito hasta que el supervisor de M&G valide la conformidad técnica, garantizando la Calidad en la Fuente según los principios de Lean Construction.

La implementación piloto en 40 muros de los niveles 3 al 7, ejecutada durante dos semanas de operación en campo (18 al 30 de mayo de 2026) en el marco de una implementación de cuatro semanas (13 mayo–4 junio de 2026), validó la viabilidad operativa del procedimiento. Los resultados cuantitativos demostraron que los cuatro indicadores de logro superaron las metas establecidas: el Índice de No Conformidades Técnicas (INCT) se redujo de 26.67% a 12.50% (mejora del 53.13%); el Tiempo Medio de Levantamiento de Observaciones (TMLO) descendió de 36 a 12.45 horas (mejora del 65.42%); el Índice de Sustento de Evidencias (ISE) alcanzó el 100% (mejora del 400%); y el Índice de Entregables Conforme (IEC) alcanzó el 85% (mejora del 49.98%).

La investigación concluye que la digitalización de Hold Points mediante aplicaciones no-code es una alternativa viable y escalable para transformar el paradigma de supervisión de reactivo a preventivo, alineándose con la Norma Técnica E.070, la ISO 9001:2015 y las tendencias globales de Construcción 4.0.

Palabras clave: control de calidad; tabiquería; tecnología digital; subcontratistas; AppSheet; Lean Construction; trazabilidad.

Proposal of a Digital Quality Control Procedure for Subcontractors in Critical Masonry Partition Work to Ensure Deliverables at M&G Infraestructura

ABSTRACT

This professional sufficiency work proposes a digital quality control procedure for subcontractors in the critical masonry partition item (King Block brick laying) at the Balthazar Multifamily Project of M&G Infraestructura S.A.C. The initial diagnosis, conducted through surveys to 15 collaborators, interviews with 5 specialists, and audit of 30 walls, revealed that 86% of failures concentrate in joints, verticality, and steel overlaps, while 80% of control records are retrospective, generating a 36-hour latency in non-conformity correction.

The designed solution consists of a digital quality control procedure structured in 8 control milestones (5 Hold Points and 3 Witness Points) through the no-code platform AppSheet. This system introduces synchronous validations during construction execution, blocking advancement to the next milestone until the M&G supervisor validates technical conformity, ensuring Quality at the Source according to Lean Construction principles.

The pilot implementation on 40 walls from levels 3 to 7, executed during two weeks of field operation (May 18-30, 2026) within the framework of a four-week implementation (May 13–June 4, 2026), validated the operational viability of the procedure. The quantitative results demonstrated that all four achievement indicators exceeded established targets: the Technical Non-Conformity Index (INCT) decreased from 26.67% to 12.50% (53.13% improvement); the Mean Time for Observation Resolution (TMLO) dropped from 36 to 12.45 hours (65.42% improvement); the Evidence Support Index (ISE) reached 100% (400% improvement); and the Conform Deliverables Index (IEC) achieved 85% (49.98% improvement).

The research concludes that digitalizing Hold Points through no-code applications is a viable and scalable alternative to transform the supervision paradigm from reactive to preventive, aligning with Technical Standard E.070, ISO 9001:2015, and global Construction 4.0 trends.

Keywords: quality control; masonry partitions; digital technology; subcontractors; AppSheet; Lean Construction; traceability.

Trabajo_u20221b505-u20171a490.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%	5%	0%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUD

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorioacademico.upc.edu.pe	Fuente de Internet
2	upc.aws.openrepository.com	Fuente de Internet
3	repositorio.usanpedro.edu.pe	Fuente de Internet
4	www.coursehero.com	Fuente de Internet
5	Submitted to Fundación Formacion y Futuro	Trabajo del estudiante
6	Submitted to Ana G. Méndez University	Trabajo del estudiante
7	prezi.com	Fuente de Internet

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 20 words
Excluir bibliografía	Activo		

TABLA DE CONTENIDOS

1 CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROYECTO 1

1.1 ANTECEDENTES 1
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN 1
1.3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA 2
1.4 ESTADO DEL ARTE 6
1.5 OBJETIVOS 8
1.5.1 General 8
1.5.2 Específicos 8
1.6 INDICADORES DE LOGRO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL 8
1.7 JUSTIFICACIÓN 10
1.8 LIMITACIONES 11
1.9 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO 11

2 CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO 13

2.1 MARCO CONCEPTUAL 13
2.1.1 Modelos Teóricos de Gestión 13
2.1.2 Conceptos Fundamentales del Proyecto 14
2.2 ESTÁNDARES, MARCOS DE TRABAJO Y BUENAS PRÁCTICAS 15
2.2.1 Filosofía Lean Construction y Calidad en la Fuente 15
2.2.2 Marco de Construcción 4.0 15
2.2.3 Enfoque Basado en Procesos (ISO 9001) 16
2.2.4 Buenas Prácticas del PMBOK en Gestión de Calidad 16
2.3 BASES LEGALES Y MARCO NORMATIVO 16

3 CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL PROYECTO 17

3.1 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN 17
3.1.1 Descripción de la estructura del proceso de investigación 17
3.1.2 Flujograma de la propuesta de solución 20
3.2 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN 24

3.2.1 Objetivo 1: Diagnosticar las deficiencias en el control de calidad de la partida de tabiquería.....24
3.2.2 Objetivo 2: Diseñar un procedimiento de control de calidad basado en herramienta digital para el control y la trazabilidad de la información técnica.....35
3.2.3 Objetivo 3: Implementar el procedimiento de control de calidad diseñado en el proyecto Balthazar para la partida de tabiquería.....49
3.3 VALIDACIÓN DEL PROYECTO 55
3.3.1 Objetivo 4: Análisis de resultados Cuantitativos del Piloto.....55
3.3.2 Evidencia de Registro de los 40 Muros del Piloto 56
3.3.3 Interpretación por Indicador.....58
3.4 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS 63
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....64
4.1 CONCLUSIONES 64
4.2 RECOMENDACIONES 65
5 REFERENCIAS.....67
6 ANEXOS.....68
6.1 ANEXO 1:.....68
6.2 ANEXO 2:.....68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos Generales de la Empresa M&G Infraestructura S.A.C. 1
Tabla 2 Indicadores del problema.....5
Tabla 3 Indicadores de medición logro meta.....8
Tabla 4 Perfil de encuestados 25
Tabla 5 Estructuración de la encuesta 26
Tabla 6 Resumen de Indicadores (Línea Base).....34
Tabla 7 Matriz de Criterios Técnicos para validación digital.....42
Tabla 8 Matriz comparativa de resultados: Sistema Tradicional vs. Procedimiento propuesto.....56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Análisis de causas y efectos del deficiente control de calidad en partida critica de tabiquería* *3*
Figura 2 *Análisis de causas raíz de la alta incidencia de no conformidades técnicas en la partida de tabiquería* *4*
Figura 3 *Distribución de Observaciones Técnicas de No Calidad en la Partida de Tabiquería* *4*
Figura 4 *Organigrama del proyecto* *12*
Figura 5 *Cronograma del proyecto* *12*
Figura 6 *Diagrama de las 4 Fases de la Metodología* *17*
Figura 7 *Flujograma de procedimiento de control de calidad propuesto* *22*
Figura 8 *Diagnostico general del problema* *27*
Figura 9 *Evaluación preventiva y oportunidad del registro en el sistema actual* *28*
Figura 10 *Brecha de trazabilidad documental y nivel de aceptación de la solución digital* *28*
Figura 11 *Flujograma del procedimiento actual* *30*
Figura 12 *Estructura del GoogleSheet de datos* *37*
Figura 13 *Captura de pantalla de la base de datos en Google Sheets (las columnas de ID, GPS, Fotos, etc.)* *38*
Figura 14 *Capturas de pantalla del celular mostrando la App abierta - secuencial* *39*
Figura 15 *Trazo y anclaje de acero* *44*
Figura 16 *Inspección visual de los bloques de ladrillo* *44*
Figura 17 *Limpieza y humedecimiento de ladrillos* *45*
Figura 18 *Medición de espesor de juntas* *45*
Figura 19 *Traslape de acero y amarre vertical* *46*
Figura 20 *Ejecución de hiladas en muros* *46*
Figura 21 *Verificacion de verticalidad total* *47*
Figura 22 *Ejecución de traslape superior* *48*
Figura 23 *Guía de procedimiento y uso de aplicativo* *48*
Figura 24 *Cronograma de implementación* *50*

Figura 25 *Reunión de inicio y difusión de indicadores iniciales* *51*
Figura 26 *Capacitación en el uso del aplicativo* *51*
Figura 27 *Secuencia del procedimiento implementado con aporte digital* *52*
Figura 28 *Supervisión continúa por el equipo investigador* *54*
Figura 29 *Registro de control de los 40 muros del piloto AppSheet* *56*
Figura 30 *Gráfico de barras comparativo del INCT* *58*
Figura 31 *Gráfico de barras comparativo del TMLO* *59*
Figura 32 *Tiempos de cada no conformidad* *60*
Figura 33 *Evolución temporal de no conformidades durante el piloto* *60*
Figura 34 *Gráfico de barras comparativo del ISE* *61*
Figura 35 *Gráfico de barras comparativo del IEC* *62*

1 CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes

En el sector de la construcción a nivel global, la subcontratación se ha consolidado como una estrategia fundamental para la especialización y la optimización de recursos en los proyectos de edificaciones. Sin embargo, esta práctica introduce desafíos significativos en el control de calidad, particularmente en partidas críticas donde la precisión técnica es determinante. En ese sentido Olanrewaju et al. (2022), sostiene que la eficiencia de la contratista principal está directamente condicionada por la capacidad técnica de las empresas que subcontrata, por lo que la calidad debe operar como criterio de evaluación permanente a lo largo de toda la relación contractual, y no únicamente como requisito de selección inicial.

En el contexto del Perú, la falta de estandarización en los procesos de supervisión de los subcontratistas ha generado una dependencia de registros manuales. Como señalan Radman et al. (2025) en su investigación que los sistemas de registro en papel introducen una demora estructural entre el momento en que ocurre un defecto y su identificación formal, lo que convierte inevitablemente la gestión de calidad en un proceso correctivo en lugar de preventivo, obligando a las empresas a responder ante las fallas una vez que ya se han consolidado.

1.2 Descripción de la Organización

A continuación se muestra los datos generales de la organización:

Tabla 1

Datos Generales de la Empresa M&G Infraestructura S.A.C.

Nombre / Razón Social **RUC**	**M&G Infraestructura S.A.C.** **20603210671**
Rubro	Construcción e Ingeniería Civil (especializada en edificaciones multifamiliares)
Dirección Legal	Av. Manuel Olguín N°325 int. 306 (Los granados 3er piso) Santiago de Surco – Lima
Misión	Entregar proyectos de alta calidad optimizando recursos mediante la mejora continua de sus procesos constructivos.
Contacto	informes@mginfraestructura.pe / Teléfono: +51 979 454 263

Nota: Datos proporcionados por M&G Infraestructura S.A.C.

El estudio se centra en el Proyecto Multifamiliar Balthazar, ubicado en San Isidro, un edificio de 28 pisos, y específicamente en la partida de tabiquería (asentado de ladrillo King Block), que es crítica para el avance de las instalaciones y acabados finales.

1.3 Análisis del Problema

La problemática central en la empresa M&G Infraestructura S.A.C. se manifiesta en la incidencia de no conformidades técnicas detectadas en la partida de tabiquería. Esta situación reviste especial cuidado dado que, según Olanrewaju et al. (2022), el desempeño de una empresa contratista principal está supeditado en gran medida al nivel técnico de sus subcontratistas, lo que convierte la supervisión efectiva de terceros en el eje del éxito operativo del proyecto.

En el proyecto Multifamiliar Balthazar, el análisis de Pareto determinó que el 86% de las fallas se concentran en juntas, verticalidad y traslapes, factores que impactan directamente en la calidad. El diagnóstico realizado mediante encuestas a 15 colaboradores revela que el 80% de los registros de control se realizan de forma retrospectiva. Esta realidad operativa coincide con lo expuesto por Radman et al. (2025), quienes sostienen que el uso de registros físicos genera una brecha temporal o latencia de información entre la ejecución y la detección de errores, obligando a la empresa a actuar de forma reactiva. Al no contar con un sistema de verificación inmediata, las fallas son detectadas cuando el muro ya está concluido, lo que, según Love et al. (2022), incrementa los costos por retrabajo, los cuales pueden representar hasta el 20% del valor total del contrato. Asimismo, las entrevistas técnicas pusieron en evidencia que la dispersión de la información técnica entre M&G y el subcontratista obstaculiza una gestión anticipada de los problemas. Según Kshaf et al. (2022), es un factor determinante detrás de los retrasos en la entrega de frentes de trabajo. En consecuencia, el problema no radica en la ausencia de un protocolo tal cual tiene la empresa (SGC.C.009), sino en la falta de un mecanismo de control digital que asegure la calidad en la fuente antes de la liberación formal, garantizando la trazabilidad y que el personal encuestado considera oportuno.

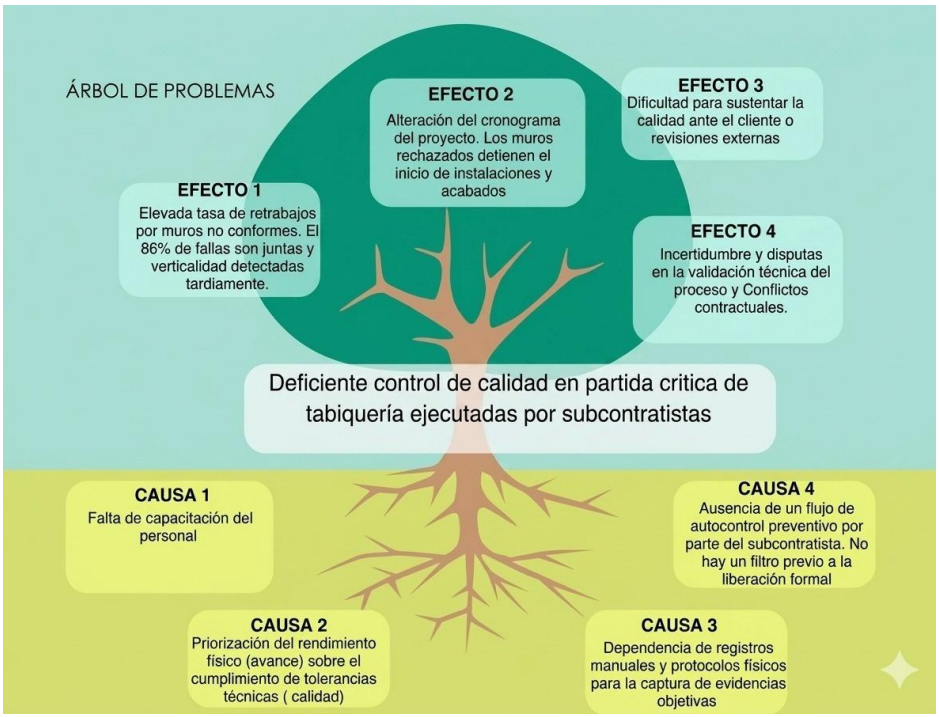
1.3.1 Características del problema

<u>Causas y Efectos (Árbol del Problema)</u>

Para visualizar la complejidad de la situación actual, se presenta en la Figura 1 el Árbol del Problema, el cual identifica como problema central la alta incidencia de no conformidades técnicas en partidas críticas debido a una limitada trazabilidad y monitoreo reactivo del control de calidad en la partida de tabiquería en el proyecto Multifamiliar Balthazar. Ambas dimensiones del problema tanto las fallas técnicas y la deficiente trazabilidad documental generan efectos negativos, manifestándose principalmente en retrabajos inevitables y retrasos en el cronograma del servicio. A continuación, se presenta el árbol del problema en donde analizamos las causas y efectos de esta problemática.

Figura 1

Análisis de causas y efectos del deficiente control de calidad en partida critica de tabiquería



Nota: Elaboración propia.

Causas raíz-Diagrama de Ishikawa

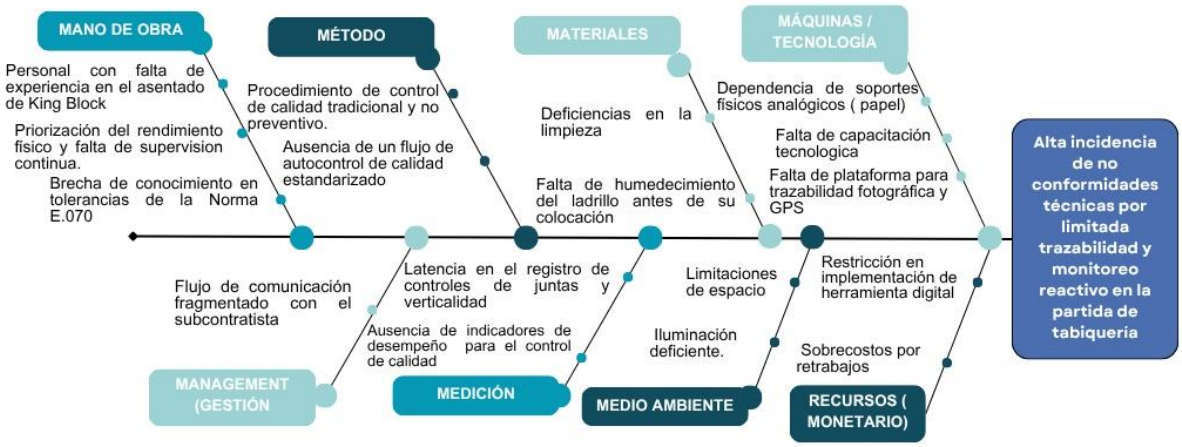
Para profundizar en el origen de las fallas priorizadas, se utilizó el Diagrama de Ishikawa (ver Figura 2), este análisis permite identificar los factores críticos que sostienen la problemática. En la categoría de Método, se identifica como causa principal la predominancia de un control retrospectivo, el 80% de los encuestados

confirmó que el registro de datos ocurre al finalizar el muro, generando latencia de información que impide correcciones preventivas. En la categoría de Tecnología, resalta la dependencia de soportes físicos analógicos (papel), lo que limita la captura de datos en tiempo real. En la categoría de mano de obra, se observa una priorización del rendimiento físico sobre la precisión técnica y un desconocimiento de las tolerancias específicas de la Norma para tabiquería.

Figura 2

Análisis de causas raíz de la alta incidencia de no conformidades técnicas en la partida de tabiquería

Análisis de causas raíz de la alta incidencia de no conformidades técnicas en la partida de tabiquería



Nota: Elaboración propia

Priorización de Fallas Técnicas (Diagrama de Pareto)

Con el objetivo de determinar qué fallas técnicas tienen mayor impacto cuantitativo, se realizó un análisis de las observaciones registradas en la partida de tabiquería. Como se muestra en la Figura 3, el diagrama de Pareto indica que el 86% de las observaciones se concentran en tres aspectos críticos: espesor de juntas fuera de tolerancia (40%), deficiencias en alineación y verticalidad (30%) y traslapes de acero incorrectos (16%). A continuación, se presenta la distribución de observaciones a través de Pareto.

Figura 3

Distribución de Observaciones Técnicas de No Calidad en la Partida de Tabiquería



Nota: Elaboración propia.

1.3.2 Indicadores del Problema

A continuación, se presenta la Tabla 2 con los indicadores del problema.

Tabla 2

Indicadores del problema

Indicador	Tipo	Unidad de medida	Descripción	Fórmula de Cálculo
INCT (Índice de No Conformidades Técnicas)	Calidad	%	Porcentaje de muros inspeccionados con no conformidades respecto al total de muros inspeccionados y que derivan en retrabajo.	$\frac{Numero\ de\ muros\ con\ no\ conformidades}{Total\ de\ muros\ inspeccionados}$ X 100
TMLO (Tiempo Medio de Levantamiento de Observaciones no conformes)	Calidad / Eficiencia	Horas	Intervalo desde la identificación de una no conformidad hasta la validación de su subsanación.	$\frac{\sum(\text{Hora cierre de no conformidad} - \text{Hora de detección})}{Total\ no\ conformidades\ detectadas}$
ISE (Índice de Sustento de Evidencias)	Calidad /Trazabilidad	%	Porcentaje de controles con respaldo objetivo inalterable (foto/fecha/GPS) registradas en obra.	$\frac{Numero\ de\ muros\ con\ respaldo\ de\ evidencia}{Total\ de\ muros\ inspeccionados}$ X 100
IEC (índice de entregables conforme)	Calidad	%	Porcentaje de muros que completan su ejecución sin no conformidades con protocolo físico completado.	$\frac{Muros\ sin\ NC\ con\ protocolo\ fisico\ firmado}{Total\ de\ muros\ inspeccionados} X100$

Nota: Elaboración propia.

Para cuantificar la problemática, se estableció una línea base mediante la auditoría de 30 muros de tabiquería ejecutados con el sistema tradicional. Los indicadores diagnósticos arrojaron un INCT del 26.67%, evidenciando una alta tasa de fallas; un TMLO de 36 horas, confirmando la latencia en las correcciones; y un ISE del 20.00%, e IEC de 56.67%, valores que sustentan la necesidad de la solución del procedimiento de control de calidad con aporte digital propuesta.

1.4 Estado del Arte

La gestión de la calidad en la industria de la construcción ha experimentado una transformación significativa en la última década, impulsada por la necesidad de reducir la variabilidad y los sobrecostos en proyectos de alta complejidad. La literatura científica actual coincide en que la transición hacia la digitalización de los procesos de campo no es solo una mejora tecnológica, sino una necesidad estratégica para la supervivencia de las empresas constructoras. En primer lugar, es fundamental abordar el impacto económico de la deficiente gestión de información. Según Love et al. (2022) el retrabajo obedece a factores estructurales del proyecto, y que la desarticulación informativa entre actores puede traducirse en pérdidas de hasta una quinta parte del monto contractual. Este hallazgo resulta revelador, pues evidencia que la deficiente gestión de la calidad tiene un origen estructural relacionado con la ausencia de una plataforma compartida que unifique los criterios de aceptación durante la ejecución.

Complementando esta visión, Kshaf et al. (2022), en su investigación analizaron la relación entre los contratistas principales y sus subcontratistas en mercados emergentes. Los autores señalan que la ausencia de procedimientos digitales unificados constituye el factor de mayor incidencia en los incumplimientos de los plazos de entrega de frentes de trabajo. Su propuesta central sostiene que la estandarización de los procesos de inspección representa la condición necesaria para cerrar brechas de responsabilidad que ocurren cuando las inspecciones se basan en criterios subjetivos o registros manuales que pueden ser alterados o extraviados.

Por otro lado, la transparencia de los datos ha surgido como un factor determinante en la mejora del desempeño de los subcontratistas abordado por Olanrewaju et al. (2022),

quienes señalan que el nivel de desempeño de una empresa contratista está estrechamente vinculado a la capacidad técnica de sus subcontratados, y que al integrar a estos últimos en entornos digitales colaborativos se promueve una cultura de autogestión de la calidad, en lugar de una supervisión de carácter punitivo. Según los autores, cuando el subcontratista tiene acceso a herramientas digitales para registrar su propio avance y calidad, su alineamiento técnico con los estándares técnicos del cliente principal se logra de forma más ágil y sostenida.

En cuanto a la implementación tecnológica, Radman et al. (2025) en su investigación validaron experimentalmente la eficacia del monitoreo mediante dispositivos móviles en obras de edificación en tiempo real. Sus resultados demuestran que el uso de aplicaciones móviles para la captura de datos reduce drásticamente la latencia de la información (el tiempo entre que ocurre un error y se reporta). El marco de trabajo propuesto por los autores resalta que incorporar marcas de tiempo y coordenadas geográficas inalterables en los registros técnicos elimina la ambigüedad documental y permite una toma de decisiones gerenciales ágil y basada en evidencia objetiva, transformando el control de calidad en un proceso genuinamente preventivo.

Finalmente, la evolución del concepto de calidad hacia lo que propone un cambio de paradigma. Love et al. (2023) en su investigación plantean una reconfiguración del concepto de calidad en construcción, argumentando que el enfoque tradicional ha puesto un énfasis excesivo en la detección del error y en las consecuencias para el responsable. El nuevo paradigma que proponen orienta la calidad hacia la resiliencia organizacional y el aprendizaje continuo a partir del análisis sistemático de datos digitales. Bajo esta perspectiva, la información registrada en herramientas como AppSheet trasciende la simple aprobación o rechazo de un muro, convirtiéndose en una base de conocimiento que permite anticipar y prevenir fallas en partidas futuras. En conclusión, la convergencia entre los estudios mostrados constituye la base teórica que sustenta la presente propuesta. La investigación se alinea con estas tendencias globales al proponer un procedimiento donde la evidencia digital sea un aporte a mejorar la calidad y la trazabilidad técnica en la empresa M&G Infraestructura, lo cual justifica el desarrollo de una propuesta aplicada que permita validar el uso de herramientas digitales en el control de calidad de obra.

1.5 Objetivos

1.5.1 General

Implementar un procedimiento de control de calidad para subcontratistas en partida crítica de tabiquería que permita asegurar los entregables en la empresa M&G Infraestructura.

1.5.2 Específicos

- Diagnosticar las deficiencias en el control de calidad de la partida crítica de tabiquería ejecutadas por subcontratistas.
- Diseñar un procedimiento de control de calidad basado en herramienta digital para el control y la trazabilidad de la información técnica.
- Implementar el procedimiento de control de calidad diseñado en el proyecto Balthazar para la partida de tabiquería.
- Analizar los resultados de la implementación y verificar los indicadores de logro.

1.6 Indicadores de logro del Trabajo de Suficiencia Profesional

Los siguientes indicadores permitirán medir la mejora en el control de calidad

Tabla 3

Indicadores de medición logro meta

Indicador	Tipo	Unidad de medida	Descripción	Fórmula de Cálculo	Meta logro
INCT (Índice de No Conformidades Técnicas)	Calidad	%	Porcentaje de muros inspeccionados con no conformidades respecto al total de muros inspeccionados y que derivan en retrabajo	$\frac{Numero\ de\ muros\ con\ no\ conformidades}{Total\ de\ muros\ inspeccionados}$ X 100	< 15% Asociado a reducción efectiva del retrabajo (Love et al., 2022). Cláusula 8.5.1 ISO 9001:2015: control en etapas adecuadas del proceso.
TMLO (Tiempo Medio de Levantamiento de Observaciones)	Calidad/ Eficiencia	Horas	Intervalo desde la identificación de una no conformidad hasta la validación de su subsanación.	$\frac{\sum(\text{Hora cierre de no conformidad} - \text{Hora de detección})}{Total\ de\ no\ conformidades\ detectadas}$	< 24 Horas, Garantiza correcciones oportunas, eliminando la latencia (Radman et al., 2025).
ISE (Índice de Sustento de Evidencias)	Calidad/ Trazabilidad	%	Porcentaje de controles con respaldo objetivo inalterable (foto/fecha/GPS) registradas en obra.	$\frac{Numero\ de\ muros\ con\ respaldo\ de\ evidencia}{Total\ de\ muros\ inspeccionados}$ X 100	≥ 80%, Nivel de madurez documental alineado con paradigma de calidad basada en evidencia (Kshaf et al., 2022).
IEC (índice de entregables conforme)	Calidad	%	Porcentaje de muros que completan su ejecución sin no conformidad, con protocolo físico completado	$\frac{Muros\ sin\ NC\ con\ \ protocolo\ fisico\ firmado}{Total\ de\ muros\ inspeccionados}$ X 100	≥ 85%, Cláusula 8.5.1 ISO 9001:2015: control en etapas adecuadas del proceso.

Nota: Adaptado de Love et al. (2022), Radman et al. (2025) y Kshaf et al. (2022).

Las metas establecidas responden a tres criterios complementarios, la mejora relativa sobre la línea base, referencia sectorial y la Cláusula 8.5.1 de la ISO 9001:2015, que exige que las actividades de medición se realicen en las etapas adecuadas del proceso.

1.7 Justificación

Esta propuesta cobra relevancia al trasladar el enfoque de calidad desde la detección tardía de fallas hacia la prevención durante la ejecución. El diagnóstico inicial evidenció que el 86% de las fallas técnicas en la partida de asentado de ladrillo King Block (albañilería) están asociadas a las juntas, traslapes de acero y verticalidad. Al reducir las no conformidades, se protege directamente la rentabilidad operativa, cuya exposición al retrabajo representa según Love et al. (2022), una pérdida que puede alcanzar hasta el 20 % del monto contractual.

El valor de la propuesta radica en el rediseño del procedimiento de control de calidad más preventivo para la partida de tabiquería, utilizando una plataforma digital como soporte para asegurar trazabilidad, validaciones secuenciales y control en tiempo real a diferencia del protocolo físico SGC.C.009, que permite registros retrospectivos. El valor agregado es la garantía de cumplimiento de la Norma E.070, transformando el control de calidad en un proceso auditable, georreferenciado y con trazabilidad absoluta de la información. La transparencia de datos mejora la confianza y el desempeño técnico de los subcontratistas al integrarlos en un entorno colaborativo. El uso de tecnología móvil para el monitoreo en tiempo real permite reducir significativamente los retrasos en la documentación y agilizar la toma de decisiones Radman et al. (2025).

La investigación es pertinente y oportuna ya que valida mediante una prueba piloto en el proyecto Multifamiliar Balthazar, un entorno real de alta exigencia técnica, permitiendo que la interacción entre el subcontratista (ADV Construcciones) y la supervisión de M&G (bimodal) sea fluida y transparente. Al optimizar los indicadores de desempeño (INCT, TMLO, ISE y IEC), el trabajo demuestra ser una solución escalable y necesaria para la modernización de los procesos de supervisión en el sector inmobiliario peruano. De este modo, la propuesta se alinea con las nuevas tendencias globales donde la gestión de calidad supera la inspección punitiva tradicional según Love et al. (2023) .

Socialmente, la investigación eleva la calidad técnica y la ética profesional al garantizar transparencia. Asimismo, contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir drásticamente los desperdicios de materiales (ladrillo y mortero) generados por posibles demoliciones y retrabajos, profesionalizando simultáneamente a la mano de obra local en el uso de tecnologías de vanguardia.

1.8 Limitaciones

Se plantean las posibles dificultades que puedan limitar el normal desarrollo del proyecto o cumplimiento de algunos de los objetivos del trabajo, sin afectar su viabilidad, a continuación, se muestran las principales:

- Factor humano y resistencia del personal de campo al uso de dispositivos móviles.
- Recursos tecnológicos y de conectividad en sectores de la edificación.
- Limitación de tiempo ya que la investigación está sujeta al ritmo del avance de la partida de asentado de ladrillo, así como en la generalización de resultados. La línea base (30 muros) se auditó en los niveles 3 y 4, mientras que el piloto (40 muros) que representa un 14.3 % del universo total de muros en los niveles 3 al 7. Ambos grupos corresponden a la misma partida de asentado de ladrillo King Block, ejecutada por el mismo subcontratista y bajo condiciones constructivas similares por tratarse de plantas típicas repetitivas.

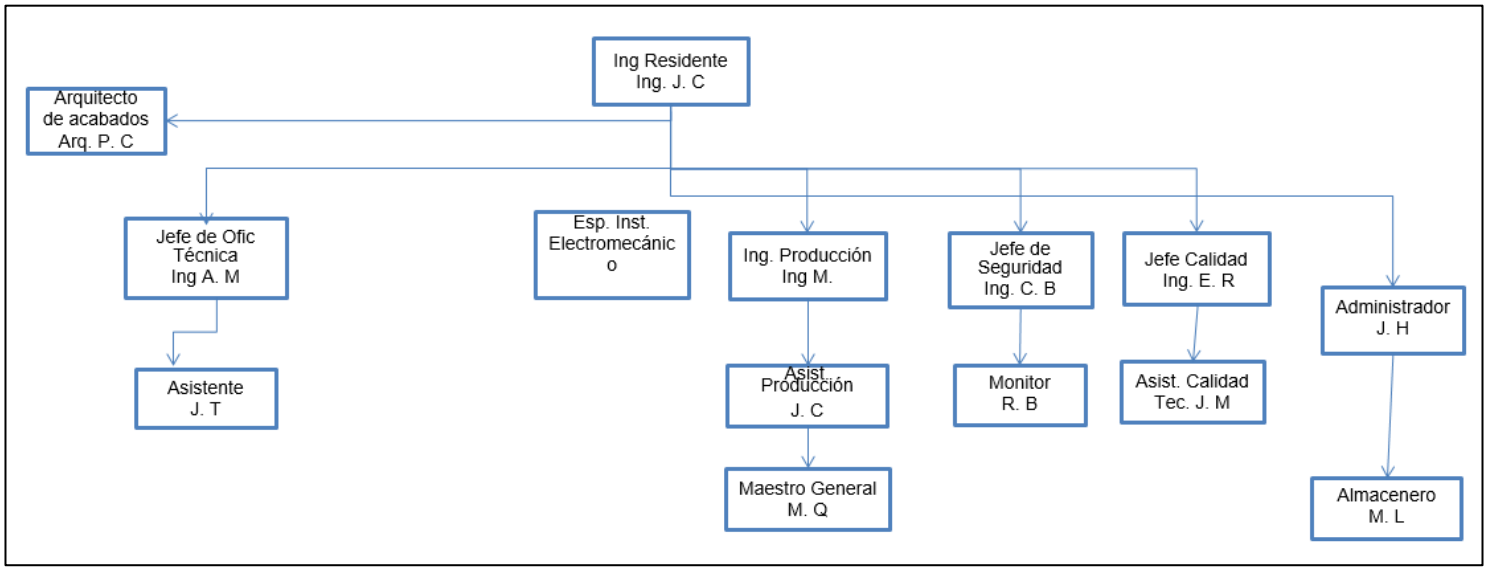
1.9 Planificación del Proyecto

1.9.1 Organización del Proyecto

En la figura 4 se puede visualizar el organigrama de la empresa para el proyecto Multifamiliar Balthazar.

Figura 4

Organigrama del proyecto



Nota: Elaboración propia

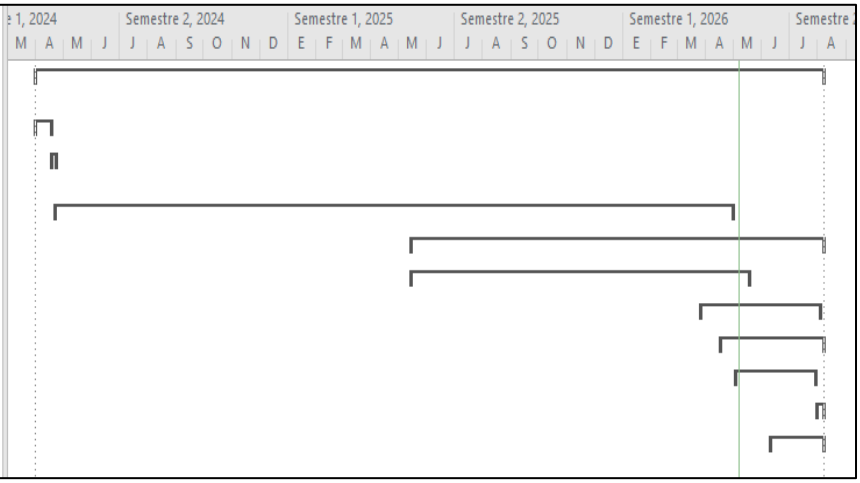
1.9.2 Cronograma de Actividades

A continuación, en la figura 5 se muestra el cronograma del proyecto actual.

Figura 5

Cronograma del proyecto

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	EDIFICIO MULTIFAMILIAR BALTHAZAR	508 días	lun 1/04/24	vie 7/08/26
1.1	ACTA DE ENTREGA DE TERRENO	14 días	lun 1/04/24	jue 18/04/24
1.2	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	3 días	jue 18/04/24	mar 23/04/24
1.3	CASCO DE OBRA	427 días	lun 22/04/24	jue 30/04/26
1.4	ACABADOS HUMEDOS	234 días	jue 15/05/25	vie 7/08/26
1.4.1	TARRAJEO INTERIOR	180 días	jue 15/05/25	lun 18/05/26
1.4.2	TABIQUERIA	88 días	jue 26/03/26	lun 3/08/26
1.4.3	TARRAJEO EXTERIOR	76 días	vie 17/04/26	vie 7/08/26
1.5	IMPERMEABILIZACIONES	61 días	lun 4/05/26	jue 30/07/26
1.6	OBRAS EXTERIORES	5 días	vie 31/07/26	vie 7/08/26
1.7	ENTREGA DE OBRA	37 días	jue 11/06/26	vie 7/08/26



Nota: Datos proporcionados por M&G Infraestructura S.A.C.

2 CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Conceptual

El desarrollo de la presente propuesta de mejora se fundamenta en una estructura teórica que integra la gestión de procesos constructivos con la transformación digital. Para ello, es necesario describir los modelos y conceptos que permiten articular la solución al problema planteado.

2.1.1 Modelos Teóricos de Gestión

La investigación se apoya en modelos de gestión modernos que buscan optimizar la eficiencia y la calidad en las obras de edificaciones:

- Modelo de Calidad en la fuente (Lean Construction): Este modelo propone que la calidad no debe ser verificada solo al final del proceso, sino garantizada en el momento de la ejecución. Bajo este enfoque, el subcontratista deja de ser un agente pasivo y se convierte en el responsable primario de su propio control. Este principio, denominado Jidoka en la literatura Lean, fue operacionalizado en el entorno constructivo mediante el concepto de Calidad en la Fuente, bajo el cual el control preventivo durante la ejecución elimina el costo de la inspección terminal y la corrección tardía (Love et al., 2023). Su implementación en la partida de tabiquería se materializa mediante los Hold Points del procedimiento propuesto, los cuales bloquean digitalmente el avance hasta que la conformidad técnica es validada — mecanismo desarrollado en detalle en la sección 2.2.1.

- Modelo de Construcción 4.0: Se basa en la interconectividad y el uso de datos en tiempo real para la toma de decisiones. Este modelo justifica el uso de dispositivos móviles y aplicaciones para eliminar la latencia de la información técnica observada en el diagnóstico del proyecto Balthazar.

- Enfoque basado en procesos (ISO 9001): Este modelo teórico permite entender la construcción de un muro de ladrillo King Block como un proceso con entradas, actividades de control y salidas. La estandarización de este flujo es lo que permite que el procedimiento digital sea replicable y medible. Su desarrollo normativo completo, incluyendo las Cláusulas 8.5.1 y 8.7 de la ISO 9001:2015, se presenta en la sección 2.2.3.

2.1.2 Conceptos Fundamentales del Proyecto

Complementando los modelos anteriores, se desarrollan los conceptos específicos que definen el alcance operativo del trabajo:

- Control de Calidad (QC): Se define como el conjunto de técnicas y actividades operativas orientadas a verificar que los entregables de la partida de albañilería cumplan con las tolerancias de la Norma E.070. Es el eje central que permite asegurar que el producto final sea apto para su liberación.
- Partida Crítica (Tabiquería King Block): En el contexto de este trabajo, se refiere a la actividad de asentado de ladrillo que, debido a su alta incidencia de errores (según el análisis de Pareto), requiere una supervisión intensiva. Su criticidad radica en que un error no detectado a tiempo genera sobrecostos por demolición y retrabajo.
- Trazabilidad de Evidencia Digital: Este concepto, sustentado en Radman et al. (2025) garantiza la integridad de los registros de inspección. A través de la tecnología digital, se asegura que cada liberación interna cuente con una trazabilidad inalterable que incluye fotografía del proceso, coordenadas geográficas (GPS), firma del responsable.
- Tecnología No-Code (AppSheet): Se refiere a la plataforma utilizada para el diseño de la solución. Este concepto es relevante porque permite a la empresa desarrollar una herramienta personalizada sin la necesidad de programación compleja, adaptándose rápidamente a las necesidades específicas de los inspectores de campo de M&G Infraestructura.
- Gestión de Subcontratistas: Se define como el proceso de administración y supervisión de terceros para en este caso los trabajos en la partida de asentado de ladrillo (tabiquería).

Estos modelos teóricos sustentan la necesidad de implementar un sistema de control de calidad preventivo y digital, alineado con la problemática identificada en el capítulo 1, permitiendo transformar la gestión tradicional en un enfoque basado en datos y mejora continua.

2.2 Estándares, Marcos de trabajo y buenas prácticas

La propuesta de investigación se sustenta en estándares internacionales que buscan optimizar la eficiencia operativa en calidad y mitigar la variabilidad en los procesos constructivos. A continuación, se detallan los pilares metodológicos que validan el diseño del procedimiento de control de calidad con aporte digital.

2.2.1 Filosofía Lean Construction y Calidad en la Fuente

El principio de Calidad en la Fuente se operacionaliza en la presente propuesta mediante los Hold Points del procedimiento, los cuales bloquean digitalmente el avance al siguiente hito hasta que la falla es corregida. Este mecanismo constituye la implementación técnica del principio Jidoka — detener el proceso para corregir en el origen — trasladado al entorno de la tabiquería.

2.2.2 Marco de Construcción 4.0

Maskuriy et al. (2023) definen la Construcción 4.0 como la incorporación sistémica de tecnologías digitales e interconectadas en todas las etapas del ciclo de vida del proyecto constructivo, diferenciándola de la digitalización simple por su énfasis en la toma de decisiones basada en datos en tiempo real. Este modelo justifica el uso de plataformas no-code y dispositivos móviles para eliminar la latencia informativa observada en el diagnóstico. Cabe indicar que la Construcción 4.0 no requiere tecnología de vanguardia para ser efectiva, la digitalización de procesos de inspección mediante dispositivos móviles accesibles representa la puerta de entrada más viable para empresas constructoras de mediana escala en economías emergentes, como es el caso de M&G Infraestructura en el contexto peruano.

En este marco, el empleo de aplicaciones móviles de tipo no-code para el control de calidad constituye un elemento central, al facilitar que la información técnica fluya con transparencia hacia todos los niveles del organigrama de obra, democratizando el acceso al conocimiento del estado de calidad del proyecto. Ghansah et al. (2024) clasificaron las tecnologías digitales para aseguramiento de calidad en la construcción, identificando que las plataformas de recolección de datos mediante dispositivos móviles aportan en ese sentido para nuestro caso como el AppSheet. El Development Bureau del Gobierno de Hong Kong (2025) estableció requisitos técnicos para sistemas de supervisión digital de obra, que incluyen la captura de metadatos de fecha,

hora y ubicación GPS desde dispositivos móviles, sincronización automática con servidores backend.

2.2.3 Enfoque Basado en Procesos (ISO 9001)

La Cláusula 8.5.1 de la ISO 9001:2015 establece que las actividades de seguimiento y medición deben realizarse en las etapas apropiadas del proceso para verificar el cumplimiento de los criterios de control. Esta cláusula sustenta técnicamente el diseño de los 8 hitos de control del procedimiento propuesto como puntos de verificación secuencial durante la ejecución, en contraposición al único punto de control terminal del sistema tradicional. Asimismo, la Cláusula 8.7 distingue entre no conformidades detectadas antes y después de la entrega del producto: las primeras son corregibles sin impacto en el cliente y las segundas generan retrabajo y costo — distinción que fundamenta la superioridad técnica del control preventivo por hito sobre el control reactivo terminal (International Organization for Standardization, 2015).

2.2.4 Buenas Prácticas del PMBOK en Gestión de Calidad

Se incorporan las buenas prácticas del PMBOK, específicamente en el área de control de la calidad del Proyecto. El procedimiento propuesto con aporte digital se alinea con el proceso de controlar la calidad, utilizando herramientas de inspección automatizadas para verificar que los resultados cumplan con los estándares de desempeño definidos (Project Management Institute, 2021).

2.3 Bases Legales y Marco Normativo

- Norma Técnica E.070 (Albañilería): Norma principal que regula el diseño y construcción de edificaciones de albañilería en el Perú. Los criterios de inspección del aplicativo se basan en sus requerimientos: verticalidad de muros, alineamiento, uso de refuerzos estructurales, espesor de juntas y calidad de las unidades de ladrillo.

- Norma G.050 (Seguridad durante la Construcción): Establece los lineamientos de seguridad en obra. La implementación de dispositivos móviles debe realizarse bajo protocolos que no comprometan la seguridad del personal.

- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): Marco general de cumplimiento para la construcción de edificaciones.

3 CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Diseño de la Solución

Es fundamental precisar que el aporte intelectual de esta propuesta no reside en la herramienta tecnológica per se, sino en el diseño del Procedimiento de control de calidad para asegurar los entregables en la partida de tabiquería a través de la interacción en tiempo real entre el subcontratista y el supervisor de M&G (bimodal).

La plataforma digital es el soporte, no el producto, y se emplea como el medio para eliminar la latencia de información, detectar observaciones no conformes y garantizar la trazabilidad inalterable que el sistema analógico no permite.

3.1.1 Descripción de la estructura del proceso de investigación

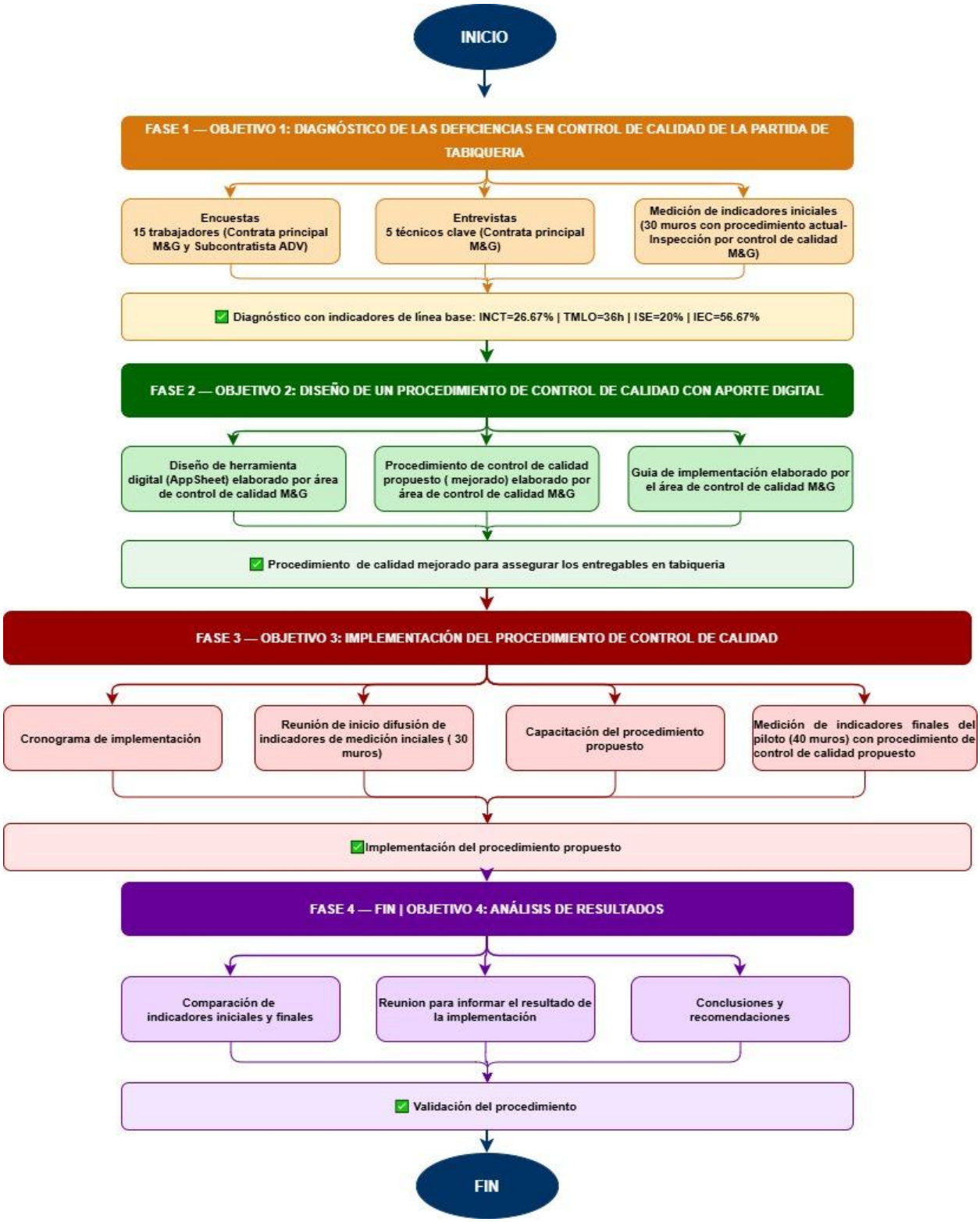
El presente trabajo de suficiencia profesional adopta un enfoque metodológico mixto, el componente cuantitativo se sustenta en la medición de cuatro indicadores de desempeño (INCT, TMLO, ISE, IEC) sobre muestras comparables (línea base de 30 muros con el procedimiento actual; y un piloto para 40 muros con el procedimiento propuesto). El componente cualitativo comprende encuestas de percepción operativa a 15 colaboradores y entrevistas estructuradas a 5 especialistas. La investigación es de tipo aplicada, orientada a resolver un problema específico en un contexto real de obra.

El diseño de la solución se centra en el desarrollo de un procedimiento de control de calidad para subcontratistas en la partida crítica de tabiquería, que permita asegurar los entregables en la empresa M&G Infraestructura mediante el uso de tecnología digital.

El desarrollo del presente trabajo se fundamenta en una estructura metodológica secuencial de cinco fases, alineada con los cuatro objetivos específicos planteados en la sección 1.5.2, según se detalla en la Figura 6.

Figura 6

Diagrama de las 4 Fases de la Metodología



Nota: Elaboración propia.

A continuación, se detallarán las fases en las cuales están inmersas los objetivos específicos:

FASE 1 - DIAGNOSTICAR (Objetivo Específico 1): En esta primera fase se realizó un diagnóstico de la situación inicial mediante tres actividades:

- Aplicación de encuestas a trabajadores de la contratista principal y subcontratista.
- Entrevistas a personal técnico clave involucrado en la ejecución y control de la partida (Contratista principal M&G).
- Medición de indicadores iniciales de calidad en 30 muros utilizando el procedimiento vigente.

Como resultado, se obtuvo una línea base de desempeño que permitió identificar las principales deficiencias del proceso de control de calidad.

FASE 2 - DISEÑO DE SOLUCION (Objetivo Específico 2): Con base en los hallazgos del diagnóstico, se elaboraron tres herramientas:

- Una herramienta digital en AppSheet para el registro y seguimiento de inspecciones de los muros de tabiquería.
- Un procedimiento de control de calidad mejorado para asegurar los entregables de la partida de tabiquería.
- Una guía de implementación para asegurar su correcta aplicación en obra.

El resultado de esta fase fue un procedimiento optimizado orientado a mejorar la calidad y trazabilidad de los entregables de tabiquería.

FASE 3 - IMPLEMENTACIÓN (Objetivo Específico 3): En esta etapa se ejecutó el plan de implementación mediante:

- Elaboración del cronograma de actividades.
- Reunión de inicio y difusión de los indicadores iniciales.
- Capacitación al personal involucrado.
- Aplicación del procedimiento propuesto y medición de indicadores finales en una muestra piloto de 40 muros.

Esta fase permitió evaluar el desempeño de la propuesta en condiciones reales de ejecución.

FASE 4 - ANALISIS DE RESULTADOS (Objetivo Específico 4): Finalmente, se realizó:

- La comparación de indicadores iniciales y finales.
- La presentación de resultados a los involucrados.
- La elaboración de conclusiones y recomendaciones.

Como resultado, se validó la efectividad del procedimiento de control de calidad propuesto, evidenciando mejoras en los indicadores evaluados.

3.1.2 Flujograma de la propuesta de solución

La propuesta de solución consiste en la implementación de un procedimiento de control de calidad con aporte digital para la partida de tabiquería ejecutada por subcontratistas. El procedimiento integra controles preventivos mediante Hold Points y Witness Points, los cuales son gestionados a través de una aplicación desarrollada en AppSheet. Esta herramienta permite registrar evidencias fotográficas, ubicación GPS, fecha y hora de cada inspección, garantizando la trazabilidad de la información técnica.

El procedimiento busca transformar el modelo tradicional de supervisión reactiva en un sistema preventivo de calidad en la fuente, donde las observaciones son detectadas y corregidas durante la ejecución de los trabajos y no al finalizar los muros. De esta manera, se reducen los retrabajos, se mejora la confiabilidad de los registros y se fortalece el cumplimiento de los requisitos establecidos por la Norma Técnica E.070 y la ISO 9001:2015.

1. Trazado y Anclaje en Losa/Viga

Se realiza la perforación (mínimo 5 cm) y la colocación de resina epóxica para los anclajes. Se registra la evidencia con fotografía y check.

Como punto de control (Hito 1): Es un Hold Point (verificacion de M&G). Si el anclaje no es conforme, se repite; si es conforme, se continúa.

2. Inspección Visual de Ladrillos

Revisión del estado físico de las unidades de albañilería. Se registra la evidencia con fotografía y check.

Como punto de Control (Hito 2): Es un Witness Point (registro de evidencia).

3. Limpieza y Humedecimiento de Ladrillos

Preparación de los ladrillos antes del asentado para asegurar la adherencia del mortero. Se registra la evidencia con fotografía y check

Como punto de control (Hito 3): Es un Witness Point (registro de evidencia).

4. Asentado de Hiladas Sucesivas

Colocación de los ladrillos controlando el espesor de las juntas (entre 10 mm y 15 mm). Se evidencia en el aplicativo y verificación por parte de M&G.

Como punto de control (Hito 4): Es un Hold Point (verificacion de M&G), se verifica que la junta sea conforme antes de seguir subiendo el muro.

5. Traslape de Acero y Amarre Vertical

Colocación del refuerzo vertical con un traslape de 0.6 m y su respectivo amarre. Se registra la evidencia con fotografía y check.

Como punto de Control (Hito 5): Es un Hold Point (verificacion de M&G), se debe validar que los refuerzos estén correctamente instalados.

6. Ejecución de Hiladas hasta 1.2 m y Llenado de Alveolos

Levantamiento del muro hasta media altura, control de verticalidad y llenado de los huecos (alveolos) con concreto líquido. Se registra la evidencia con fotografía y check

Como punto de control (Hito 6): Es un Hold Point (Verificación de M&G), se valida la verticalidad de la primera etapa del muro.

7. Ejecución de Últimas Hiladas y Verticalidad Total

Finalización del levantamiento del muro hasta la altura total y verificación final de plomo (verticalidad). Registro de evidencia en el aplicativo.

Como punto de control: Es un Witness Point (Hito 7) registro de evidencia.

8. Traslape Superior y Cierre

Realización del traslape en la parte superior del muro para su conexión estructural, ultima carga de evidencia.

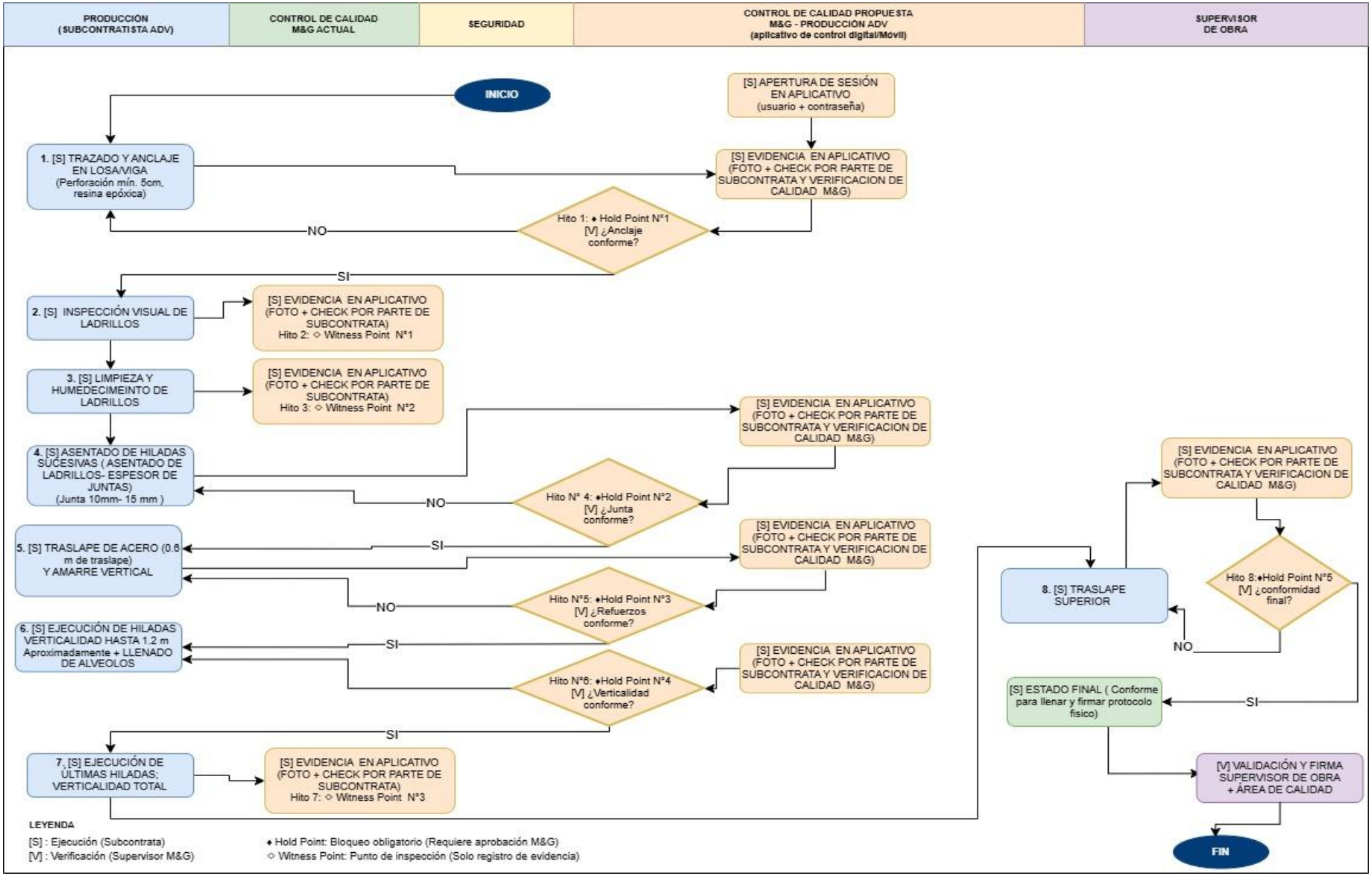
Punto de Control (Hito 8): Es el Hold Point final (verificación de M&G), si hay conformidad total, se procede al cierre administrativo. Finalmente, una vez verificado el cumplimiento de todos los criterios técnicos establecidos, se realiza la validación

final y la firma de conformidad por parte del supervisor de obra y del área de calidad, asegurando la conformidad de los entregables.

La implementación del procedimiento propuesto tiene como finalidad mejorar el desempeño del proceso de control de calidad mediante el cumplimiento de los indicadores establecidos. La incorporación de Hold Points y Witness Points permite detectar desviaciones durante la ejecución, reduciendo el Índice de No Conformidades Técnicas (INCT) y el Tiempo Medio de Levantamiento de Observaciones (TMLO). Asimismo, la captura digital de evidencias fortalece el Índice de Sustento de Evidencias (ISE), mientras que la validación secuencial de cada hito contribuye al incremento del Índice de Entregables Conformes (IEC), garantizando que los muros sean liberados bajo criterios objetivos y verificables.

Figura 7

Flujograma de procedimiento de control de calidad propuesto


PRODUCCIÓN
(SUBCONTRATISTA ADV)
CONTROL DE CALIDAD
M&G ACTUAL
SEGURIDAD
CONTROL DE CALIDAD PROPUESTA
M&G - PRODUCCIÓN ADV
(aplicativo de control digital/Móvil)
SUPERVISOR
DE OBRA
INICIO
[S] APERTURA DE SESIÓN
EN APLICATIVO
(usuario + contraseña)
1. [S] TRAZADO Y ANCLAJE
EN LOSA/VIGA
(Perforación mín. 5cm,
resina epóxica)
[S] EVIDENCIA EN APLICATIVO
(FOTO + CHECK POR PARTE DE
SUBCONTRATA Y VERIFICACION DE
CALIDAD M&G)
Hito 1: ♦ Hold Point N°1
[V] ¿Anclaje
conforme?
NO
SI
2. [S] INSPECCIÓN VISUAL DE
LADRILLOS
[S] EVIDENCIA EN APLICATIVO
(FOTO + CHECK POR PARTE DE
SUBCONTRATA)
Hito 2: ◇ Witness Point N°1
3. [S] LIMPIEZA Y
HUMEDECIMEINTO DE
LADRILLOS
[S] EVIDENCIA EN APLICATIVO
(FOTO + CHECK POR PARTE DE
SUBCONTRATA)
Hito 3: ◇ Witness Point N°2
4. [S] ASENTADO DE HILADAS
SUCESIVAS (ASENTADO DE
LADRILLOS- ESPESOR DE
JUNTAS)
(Junta 10mm- 15 mm)
[S] EVIDENCIA EN APLICATIVO
(FOTO + CHECK POR PARTE DE
SUBCONTRATA Y VERIFICACION DE
CALIDAD M&G)
Hito N° 4: ♦Hold Point N°2
[V] ¿Junta
conforme?
NO
5. [S] TRASLAPE DE ACERO (0.6
m de traslape)
Y AMARRE VERTICAL
SI
[S] EVIDENCIA EN APLICATIVO
(FOTO + CHECK POR PARTE DE
SUBCONTRATA Y VERIFICACION DE
CALIDAD M&G)
Hito N°5: ♦Hold Point N°3
[V] ¿Refuerzos
conforme?
NO
6. [S] EJECUCIÓN DE HILADAS
VERTICALIDAD HASTA 1.2 m
Aproximadamente + LLENADO
DE ALVEOLOS
SI
[S] EVIDENCIA EN APLICATIVO
(FOTO + CHECK POR PARTE DE
SUBCONTRATA Y VERIFICACION DE
CALIDAD M&G)
Hito N°6: ♦Hold Point N°4
[V] ¿Verticalidad
conforme?
SI
7. [S] EJECUCIÓN DE
ÚLTIMAS HILADAS;
VERTICALIDAD TOTAL
[S] EVIDENCIA EN APLICATIVO
(FOTO + CHECK POR PARTE DE
SUBCONTRATA)
Hito 7: ◇ Witness Point N°3
8. [S] TRASLAPE
SUPERIOR
[S] EVIDENCIA EN APLICATIVO
(FOTO + CHECK POR PARTE DE
SUBCONTRATA Y VERIFICACION DE
CALIDAD M&G)
Hito 8:♦Hold Point N°5
[V] ¿conformidad
final?
NO
SI
[S] ESTADO FINAL (Conforme
para llenar y firmar protocolo
fisico)
[V] VALIDACIÓN Y FIRMA
SUPERVISOR DE OBRA
+ ÁREA DE CALIDAD
FIN
LEYENDA
[S] : Ejecución (Subcontrata)
[V] : Verificación (Supervisor M&G)
♦ Hold Point: Bloqueo obligatorio (Requiere aprobación M&G)
◇ Witness Point: Punto de inspección (Solo registro de evidencia)

Nota: Procedimiento de 8 hitos (5 Hold Points y 3 Witness Points).

3.2 Desarrollo de la Solución

3.2.1 Objetivo 1: Diagnosticar las deficiencias en el control de calidad de la partida de tabiquería.

El primer paso en el desarrollo del procedimiento propuesto consistió en identificar las principales causas que generan las deficiencias en el control de calidad en la partida de tabiquería, para ello se realizaron encuestas y entrevistas, así como se analizó el procedimiento actual y se ejecutó la toma de indicadores iniciales de 30 muros y de acuerdo a ello se realizara el desarrollo de la solución. A continuación, desarrollamos los aspectos indicados.

3.2.1.1 Encuestas y entrevistas

Se ejecutaron encuestas y entrevistas bajo un enfoque mixto. El diagnóstico cuantitativo (encuesta a 15 colaboradores) permitió medir la percepción del personal operativo, los 15 encuestados responden al criterio de saturación informacional en poblaciones homogéneas por rol, donde estudios de diseño mixto aplicado establecen que entre 12 y 20 participantes son suficientes cuando comparten condiciones similares de trabajo (Creswell & Creswell, 2023), mientras que el diagnóstico cualitativo (entrevistas a 5 especialistas) permitió mostrar la problemática en la partida de tabiquería.

El instrumento de encuesta fue diseñado en tres dimensiones diagnóstico general del problema, prácticas actuales y roles, y herramientas de control (Tabla 5). Dado el carácter diagnóstico del instrumento y el tamaño corresponde al personal con incidencia directa en la partida, no se aplicó cálculo de tamaño muestral probabilístico; la muestra constituye un censo del universo disponible.

A. Análisis de resultados de la Encuesta de Operatividad a 15 trabajadores del proyecto.

El sustento bibliográfico para este muestreo se basa en Olanrewaju et al. (2022), quien afirma que para evaluar la capacidad técnica de un subcontratista es imperativo recoger la percepción directa del personal involucrado en la ejecución, garantizando que el diagnóstico identifique los vicios ocultos del proceso manual.

El personal encuestado tiene incidencia directa en la supervisión y ejecución de la partida de tabiquería en el Proyecto Balthazar — capataces, operarios, asistentes de campo y supervisores de M&G Infraestructura y ADV Construcciones. Las preguntas apuntaron a relevar las prácticas de registro y trazabilidad que Radman et al. (2025) identifican como determinantes para detectar la brecha entre ejecución y detección de errores en sistemas de supervisión de obra. Previo al análisis de las respuestas, se presenta en la Tabla 4 el perfil socio laboral de los participantes, lo cual otorga validez técnica a los hallazgos debido a la jerarquía y experiencia de los encuestados.

Tabla 4

Perfil de encuestados

CATEGORÍA	IDENTIFICADO	CARGO	AÑOS DE EXPERIENCIA	EMPRESA
JEFATURA Y SUPERVISIÓN (M&G)	Colaborador 01	Supervisor de Obra	5-10 años	M&G Infraestructura
	Colaborador 02	Jefe de Oficina técnica	Más de 10 años	M&G Infraestructura
	Colaborador 03	Ingeniero de Producción	5-10 años	M&G Infraestructura
	Colaborador 04	Ingeniero de campo	5-10 años	M&G Infraestructura
	Colaborador 05	Ingeniero de calidad	5-10 años	M&G Infraestructura
	Colaborador 06	Jefe de SST	Más de 10 años	M&G Infraestructura
	Colaborador 07	Asistente de Oficina Técnica	0-5 Años	M&G Infraestructura
PERSONAL DE EJECUCIÓN (Sub-Contratista ADV Construcciones)	Colaborador 08	Capataz de Cuadrilla	Más de 10 años	ADV Construcciones
	Colaborador 09	Capataz de Cuadrilla	Más de 10 años	ADV Construcciones
	Colaborador 10	Capataz de Cuadrilla	Más de 10 años	ADV Construcciones
	Colaborador 11	Operario	Más de 10 años	ADV Construcciones
	Colaborador 12	Operario	Más de 10 años	ADV Construcciones
	Colaborador 13	Operario	5-10 años	ADV Construcciones
	Colaborador 14	Operario	5-10 años	ADV Construcciones
	Colaborador 15	Operario	5-10 años	ADV Construcciones

Nota: Elaboración propia, basada en encuesta a 15 colaboradores

Como se observa en la tabla anterior, la muestra integra tanto al personal de supervisión de M&G como al equipo de ejecución del subcontratista ADV. Cabe destacar que más del 45% de los encuestados posee en promedio más de 10 años de experiencia en el rubro, lo que garantiza una visión objetiva de las ineficiencias del sistema tradicional. Las dimensiones de análisis de la encuesta se estructuraron en tres ejes diagnóstico general del problema, prácticas actuales y roles, y herramientas de control (Tabla 5).

Tabla 5

Estructuración de la encuesta

CLASIFICACIÓN	PREGUNTA
DIAGNÓSTICO GENERAL DEL PROBLEMA	De las siguientes observaciones técnicas, ¿cuál identifica usted como la más recurrente en la obra?
	¿Cuál considera que es el factor principal que dificulta el cumplimiento de la Norma para la partida de asentado de ladrillo?
	¿Cuánto tiempo transcurre desde que se detecta un error hasta que se valida su reparación final?
PRÁCTICAS ACTUALES Y ROLES	¿En qué momento se registra habitualmente la información en el protocolo físico de liberación (SGC C.009)?
	¿Conoce usted el contenido y las tolerancias del procedimiento actual PC?010?
	¿Considera que el protocolo físico SGC C.009 permite un seguimiento hilada por hilada?
	¿Cuánto tiempo de desfase tiene el avance del muro con relación al llenado del protocolo físico final?
CONTROL	¿Qué nivel de dificultad encuentra para recuperar evidencias (fotos/datos) de un control de hace más de 3 días?
	¿Se realiza una inspección documentada con fotos de los recursos antes de iniciar?
	¿Qué tipo de herramienta considera implementar para un "autocontrol previo a la firma del protocolo físico?

Nota: Elaboración propia. Instrumento validado por 5 especialistas entrevistados.

Una vez definida la estructura del instrumento, se procedió a la tabulación de los resultados

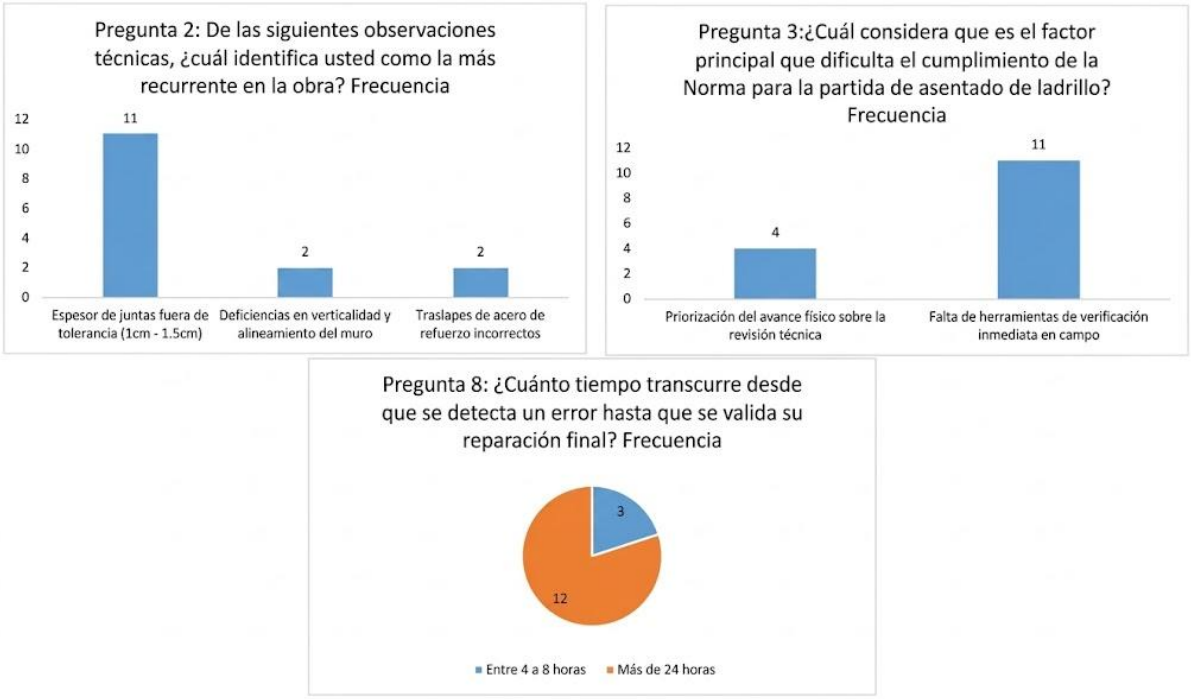
A continuación, se muestran los resultados obtenidos de las encuestas a 15 colaboradores de acuerdo a la estructuración de la encuesta.

1. Análisis del Diagnóstico General del Problema

Esta dimensión evalúa la percepción del personal sobre las fallas físicas y los tiempos de respuesta. Los datos obtenidos ratifican la jerarquía de problemas identificada en el diagnóstico histórico.

Figura 8

Diagnostico general del problema



Nota: Elaboración propia

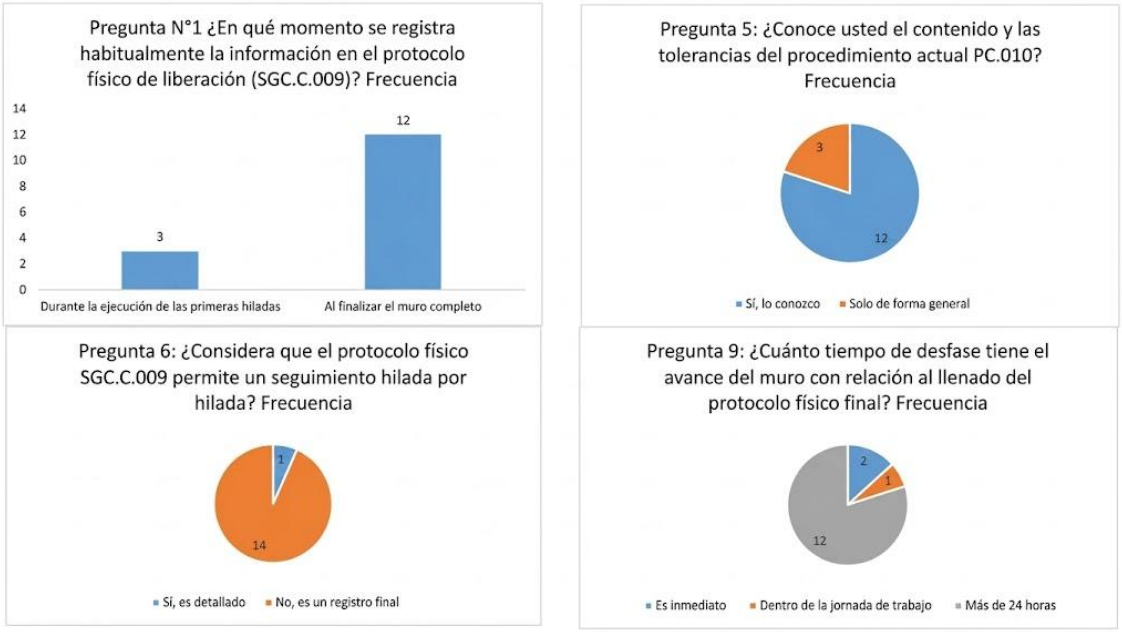
La Figura 8 evidencia que El 73.3% del personal identifica el espesor de juntas como la falla más recurrente, mientras que el 80.0% reporta tiempos de subsanación superiores a 24 horas, validando la línea base del TMLO establecida en el diagnóstico.

2. Análisis de las Prácticas Actuales y Roles

En relación con la evaluación de los procesos de control vigentes, se presenta la Figura 9, la cual analiza la oportunidad del registro y la capacidad de seguimiento preventivo en la partida de tabiquería.

Figura 9

Evaluación preventiva y oportunidad del registro en el sistema actual



Nota: Elaboración propia.

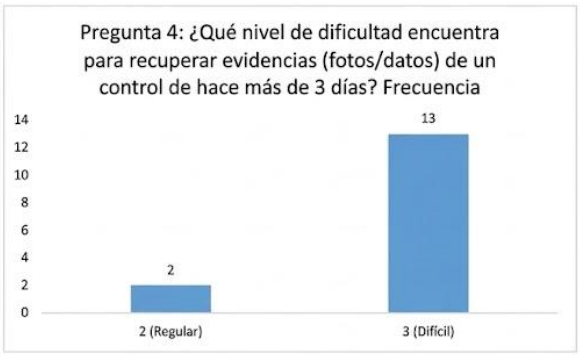
En la Figura 9 se observa la naturaleza reactiva del sistema actual en que el 80.0% de los registros se realizan de forma retrospectiva (al finalizar el muro) y el 93.3% admite la inexistencia de un control preventivo hilada por hilada, lo que impide la detección de observaciones de manera oportuna.

3. Análisis de las Herramientas de Control

Finalmente, con el objetivo de determinar la viabilidad operativa de la propuesta, la Figura 10 ilustra la brecha de trazabilidad documental y el nivel de aceptación del personal hacia la implementación de la herramienta digital.

Figura 10

Brecha de trazabilidad documental y nivel de aceptación de la solución digital







Nota: Elaboración propia.

La Figura 10 resalta la brecha de trazabilidad documental ya que el 93.3% del personal confirma que las inspecciones se realizan solo de forma visual sin registro fotográfico, el 86.7% reporta alta dificultad para recuperar evidencias de controles pasados, y el 86.7% acepta el aplicativo digital como solución. Estos tres datos sustentan el bajo ISE de 20% y justifican la propuesta.

Asimismo, con relación a las entrevistas se seleccionó a cinco especialistas que cubren los cinco roles técnicos con mayor incidencia en el proceso — SST, Oficina Técnica, Arquitectura, Producción y Jefatura de OT — acumulando 58 años de experiencia en el sector, en concordancia con el criterio de Kshaf et al. (2022), quienes establecen que la resolución de problemas entre contratista y subcontratista requiere la consulta a los niveles de jefatura y toma de decisiones. De lo que se rescata de las entrevistas es lo siguiente:

1. Sobre la ineficiencia del flujo de comunicación y la latencia operativa

El consenso de los expertos califica la comunicación actual como desarticulada, informal y dividida, el subcontratista avanza sus trabajos y solo llama cuando ya acabó el muro, eliminando cualquier posibilidad de control preventivo. Esta falta de

sincronización justifica la implementación de la interacción del nuevo procedimiento para alertar a la supervisión en tiempo real.

2. Sobre los vacíos del procedimiento PC.010 y el cumplimiento de la Norma E.070

Los especialistas coinciden en que el procedimiento actual (PC.010) opera como un manual pasivo. El ingeniero de campo es enfático al declarar que el protocolo es insuficiente y no tiene mecanismos de bloqueo para asegurar la norma en tiempo real.

Esto ocurre porque el operario prioriza el avance sobre la precisión técnica, lo que valida la necesidad de establecer Hold Points (puntos de parada) obligatorios en el aplicativo digital.

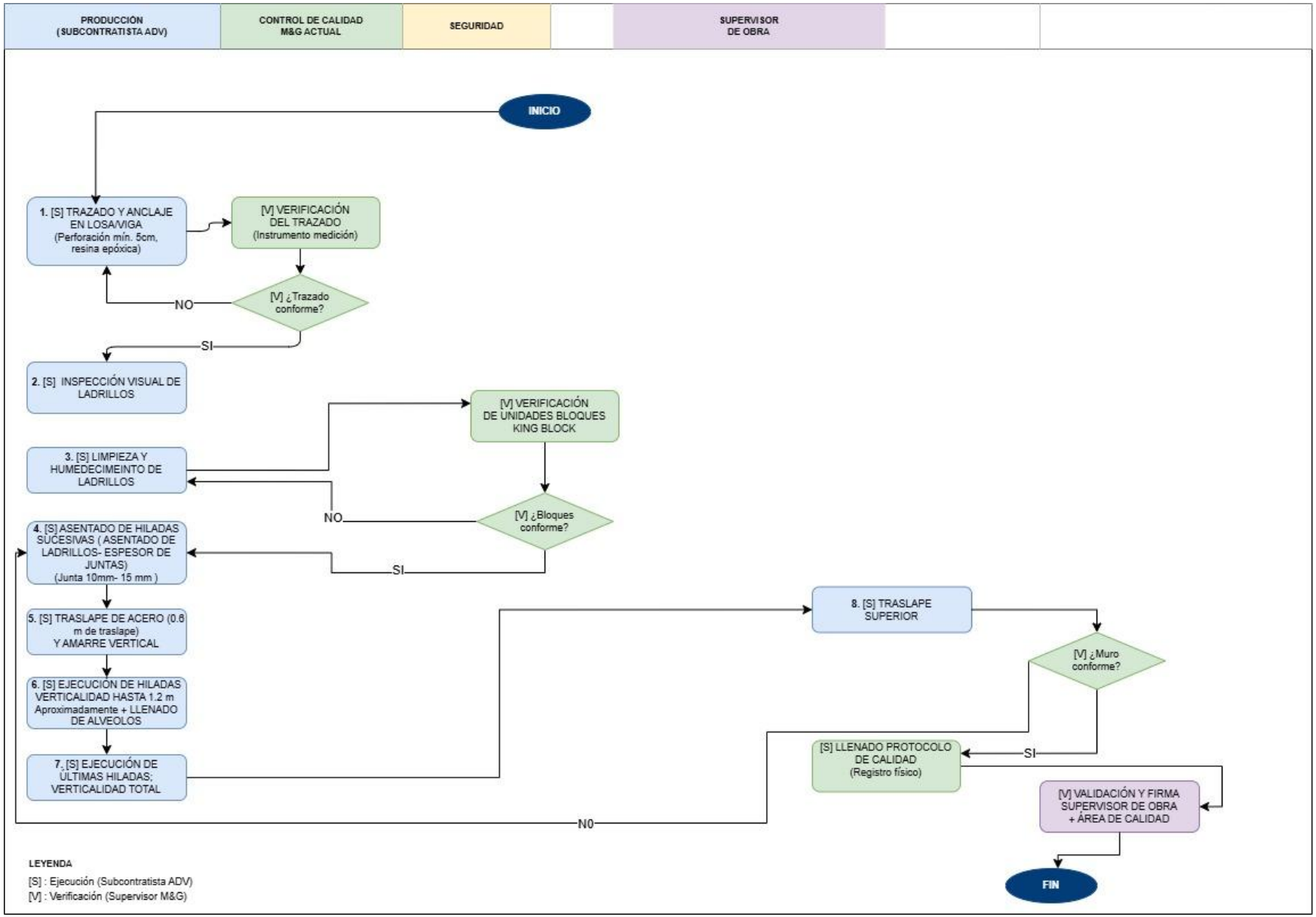
En definitiva, las entrevistas confirman que la problemática no radica en el desconocimiento de la norma, sino en la obsolescencia del soporte físico para el monitoreo y no se tiene controles de aprobaciones parciales y conciencia de ejecutarlo de manera más técnica y evitando demoliciones "fatales" en muros ya fraguados y optimizando la rentabilidad del Proyecto Balthazar. en el Anexo 1 del presente trabajo se muestran las entrevistas y encuestas desarrolladas.

3.2.1.2 Procedimiento actual de la partida de tabiquería.

El flujograma de la Figura 11 detalla el proceso constructivo tradicional bajo el procedimiento M&G.SGC.A.PC.010.

Figura 11

Flujograma del procedimiento actual


PRODUCCIÓN
(SUBCONTRATISTA ADV)
CONTROL DE CALIDAD
M&G ACTUAL
SEGURIDAD
SUPERVISOR
DE OBRA
INICIO
1. [S] TRAZADO Y ANCLAJE EN LOSA/VIGA (Perforación mín. 5cm, resina epóxica)
[V] VERIFICACIÓN DEL TRAZADO (Instrumento medición)
[V] ¿Trazado conforme?
NO
SI
2. [S] INSPECCIÓN VISUAL DE LADRILLOS
[V] VERIFICACIÓN DE UNIDADES BLOQUES KING BLOCK
3. [S] LIMPIEZA Y HUMEDECIMEINTO DE LADRILLOS
[V] ¿Bloques conforme?
NO
SI
4. [S] ASENTADO DE HILADAS SUCESIVAS (ASENTADO DE LADRILLOS- ESPESOR DE JUNTAS) (Junta 10mm- 15 mm)
5. [S] TRASLAPE DE ACERO (0.6 m de traslape) Y AMARRE VERTICAL
6. [S] EJECUCIÓN DE HILADAS VERTICALIDAD HASTA 1.2 m Aproximadamente + LLENADO DE ALVEOLOS
7. [S] EJECUCIÓN DE ÚLTIMAS HILADAS; VERTICALIDAD TOTAL
8. [S] TRASLAPE SUPERIOR
[V] ¿Muro conforme?
NO
SI
[S] LLENADO PROTOCOLO DE CALIDAD (Registro físico)
[V] VALIDACIÓN Y FIRMA SUPERVISOR DE OBRA + ÁREA DE CALIDAD
FIN
LEYENDA
[S] : Ejecución (Subcontratista ADV)
[V] : Verificación (Supervisor M&G)

Nota: Procedimiento tradicional según M&G.SGC.A.PC.010.

El Flujograma anterior detalla el proceso constructivo tradicional bajo el procedimiento M&G.SGC.A.PC.010.

El análisis del procedimiento actual permitió identificar diversas limitaciones que afectan la eficiencia del control de calidad en la partida de tabiquería.

En primer lugar, las inspecciones se realizan principalmente al finalizar la ejecución del muro, lo que impide detectar oportunamente las desviaciones durante el proceso constructivo. Como consecuencia, las observaciones son identificadas cuando el elemento ya se encuentra concluido, generando retrabajos, demoliciones parciales y pérdidas de productividad.

Asimismo, el procedimiento vigente presenta limitaciones en la trazabilidad documental debido al uso predominante de formatos físicos. Esta situación dificulta la recuperación de evidencias, limita la capacidad de auditoría y restringe la disponibilidad inmediata de información para la toma de decisiones.

Por otro lado, las verificaciones de materiales y procesos constructivos no cuentan con registros fotográficos estandarizados ni mecanismos de validación secuencial, lo que reduce la confiabilidad de los controles ejecutados en campo.

Finalmente, cuando se detecta una no conformidad, no existe un sistema estructurado que permita registrar su seguimiento, responsable de levantamiento y fecha de cierre. Esta situación genera retrasos en la corrección de observaciones y afecta directamente los indicadores de desempeño del proyecto. Estas deficiencias justifican la necesidad de implementar un procedimiento de control de calidad con soporte digital que incorpore controles preventivos, trazabilidad documental y validaciones en tiempo real.

En resumen, el análisis del procedimiento actual evidenció diversas limitaciones asociadas a la ausencia de controles preventivos, falta de trazabilidad de las inspecciones, uso de registros físicos, inexistencia de evidencia fotográfica y escasa digitalización del proceso. Estas deficiencias dificultaban el seguimiento oportuno de las actividades, incrementaban el riesgo de retrabajos y reducían la capacidad de

control sobre la calidad de los muros de albañilería. En respuesta a estas oportunidades de mejora, se diseñó e implementó un procedimiento de control de calidad con aporte digital que incorpora puntos de control obligatorios, registros fotográficos, checklists electrónicos y validaciones en tiempo real, fortaleciendo la gestión de calidad durante la ejecución de la partida de tabiquería.

3.2.1.3 Muestreo línea base (30 muros) con el procedimiento actual.

Evaluación de la Línea Base (Muestra: 30 Muros entre el nivel 3 al nivel 4)

El presente estudio se desarrolló en el proyecto Multifamiliar Balthazar, ubicado en San Isidro, un edificio de 28 pisos y en específico en la partida de tabiquería (asentado de ladrillo King Block). Para establecer la línea base, se seleccionaron 30 muros ejecutados en los niveles 3 y 4 bajo el sistema tradicional SGC.C.009. El tamaño de los 30 muros de línea base se determinó aplicando la fórmula de estimación de proporciones para poblaciones binomiales ($n = Z^2 \cdot p \cdot (1-p)/e^2$, con $Z = 1.645$, $e = 0.15$). El valor de $p = 0.27$ se tomó como una estimación conservadora, obteniendo $n \approx 24$ y redondeando a 30 por ser el umbral mínimo que garantiza normalidad de la distribución Muestreal para estadística inferencial en procesos de control de calidad (Montgomery, 2019).

Los resultados obtenidos para cada indicador son los siguientes:

1. INCT (Índice de no conformidades Técnicas)

Cálculo: De los 30 muros, 8 muros presentaron observaciones críticas (juntas > 15mm, traslapes y desplomes) detectadas en la liberación final.

$$\text{INCT} = \frac{8\ muros\ no\ conformes}{30\ muros\ inspeccionados}\ x\ 100$$

$$\text{INCT} = 26.67\%$$

2. TMLO (Tiempo Medio de Levantamiento de Observaciones no conformes)

Cálculo: Se midió el tiempo desde que el supervisor anotó el error en el papel hasta que el subcontratista reportó la corrección y se volvió a inspeccionar.

Muro 1,2: 24h cada uno / Muro 3,4: 48h cada uno / Muro 5,6: 24h cada uno / Muro 7,8: 48h cada uno.

$$TMLO = \frac{\sum \text{Hora cierre de observacion} - \sum \text{Hora de detección}}{Total\ detectados}$$

$$TMLO = 36\ horas$$

3. ISE (Índice de Sustento de Evidencias)

Cálculo: Se revisaron los 30 protocolos físicos SGC.C.009. Solo 6 protocolos tenían una foto de respaldo enviada por Whatsapp o con cámara fotográfica y de forma desordenada. Ninguno tenía coordenadas GPS.

$$ISE = \frac{6\ muros\ con\ evidencia}{30\ muros\ en\ total}\ x100$$

$$ISE = 20.00\%$$

IEC (Índice de Entregables Conforme)

Cálculo: De los 30 muros inspeccionados, 17 contaban con protocolo físico SGC.C.009 firmado por M&G dentro de la jornada de liberación; 8 muros presentaron no conformidades técnicas y 5 conformes carecían de firma o tenían protocolos traspapelados.

$$IEC = \frac{17\ Muros\ conformes\ con\ protocolo\ fisico\ firmado}{30\ Muros\ inspeccionados\ en\ total}\ X100$$

$$IEC = 56.67\%$$

A continuación, se muestra la tabla 6 resumen de los indicadores del problema línea base.

Tabla 6

Resumen de Indicadores (Línea Base)

Indicador	Valor Línea Base (N=30)	Meta de Logro
INCT	26.67%	< 15%
TMLO	36.00 Horas	< 24 Horas
ISE	20.00%	≥ 80%
IEC	56.67%	≥ 85%

Nota: Línea base medida sobre 30 muros (niveles 3 y 4).

Los valores de línea base obtenidos (INCT=26.67%, TMLO=36h, ISE=20%, IEC=56.67%) establecen el punto de partida para medir el impacto del procedimiento de control de calidad propuesto.

El diagnóstico ejecutado mediante cuatro instrumentos complementarios (encuesta a 15 colaboradores, entrevistas a 5 especialistas, análisis del procedimiento actual y medición de 30 muros de línea base) converge en un hallazgo unívoco que el sistema de control de calidad vigente es reactivo, retrospectivo y documentalmente frágil. Esta evidencia constituye el fundamento técnico para el diseño del procedimiento de control de calidad con aporte digital que se desarrolla en la sección 3.2.2.

3.2.2 Objetivo 2: Diseñar un procedimiento de control de calidad basado en herramienta digital para el control y la trazabilidad de la información técnica.

En este punto se desarrollará el diseño de la herramienta digital, el procedimiento de control de calidad y la guía de implementación del aplicativo Appsheet. A continuación de desarrolla dichos aspectos.

La herramienta digital fue diseñada considerando dos perfiles de usuario claramente diferenciados:

a) Usuario Subcontratista:

   Responsable de registrar el avance de los trabajos, completar los checklists de inspección, adjuntar evidencias fotográficas y solicitar la validación de cada hito de control.

b) Usuario Supervisor M&G

   Responsable de revisar las evidencias registradas, validar el cumplimiento de los criterios técnicos establecidos, aprobar o rechazar los hitos de control y generar observaciones cuando corresponda.

   Esta diferenciación permite mantener la independencia de la supervisión, fortalecer la trazabilidad de las aprobaciones y garantizar que las decisiones de liberación sean realizadas únicamente por el personal autorizado de M&G Infraestructura.

3.2.2.1 Diseño del aplicativo digital.

La selección de AppSheet se justifica por combinar validaciones secuenciales, captura automática de GPS y restricciones por rol sin requerir programación, características que maximizan la adopción en personal operativo sin experiencia digital (Ghansah et al., 2024), operando además sobre Google Sheets como infraestructura existente, lo que eliminó costos adicionales de licencia frente a plataformas especializadas (Development Bureau, 2025).

Para la materialización del procedimiento diseñado, se seleccionó la tecnología No-Code como el instrumento de soporte operativo. Esta elección se justifica por su capacidad para operacionalizar la lógica de los 8 hitos de control sin las barreras de desarrollo de software complejo, permitiendo que el foco de la solución permanezca en el cumplimiento normativo y la trazabilidad técnica.

El aplicativo funciona como el repositorio dinámico de evidencias que blinda el dossier de calidad de la empresa M&G Infraestructura, garantizando que el 100% de los muros cuenten con el sustento objetivo necesario para su liberación formal.

Una vez definidos los requerimientos técnicos en la fase de diagnóstico, se procedió a la construcción del entorno digital utilizando la plataforma AppSheet. El desarrollo se centró en transformar el flujo de supervisión diseñado en una herramienta funcional, intuitiva y capaz de operar en las condiciones exigentes de una obra de edificación.

A. Estructura de Datos y Modelamiento

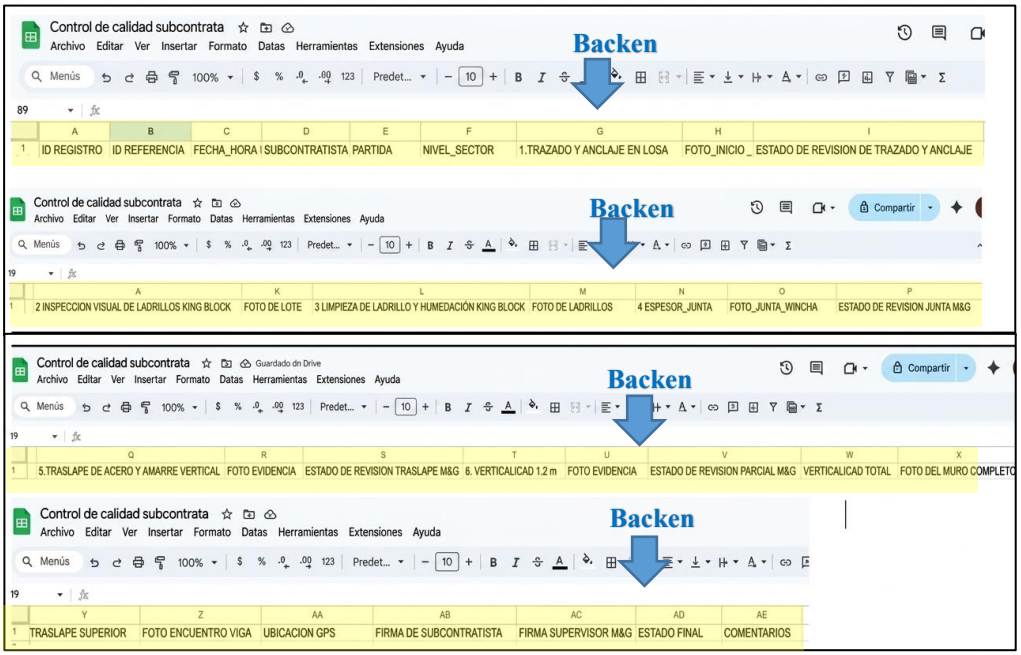
El soporte de datos del aplicativo se configuró mediante una hoja de cálculo de Google Sheets, la cual actúa como el servidor central de información. Se diseñó una arquitectura de tablas relacionales donde cada registro es identificado por un ID_REGISTRO único, garantizando la integridad de la base de datos. Como se observa en la Figura 12, la información se organiza en columnas secuenciales que se organizan en los 8 hitos de control definidos en el diseño.

Esta estructura permite capturar metadatos de solo lectura, como marcas de tiempo y coordenadas geográficas, asegurando que la trazabilidad técnica nazca desde la apertura del registro en el frente de trabajo y se mantenga inalterable hasta la liberación final del muro. Este paso es crítico para blindar el Indicador ISE, ya que la captura automática de GPS y marcas de tiempo impide la creación de registros retrospectivos

o 'de gabinete', asegurando que el control ocurra en el frente de trabajo. A continuación, se muestra la estructura del backend en Google Sheets, que funciona como base de datos central del aplicativo.

Figura 12

Estructura del GoogleSheet de datos



Nota: Vista de configuración en GoogleSheet.

El procedimiento de control de calidad propuesto opera mediante la interacción entre el subcontratista y el supervisor de M&G (bimodal) en tiempo real, asegurando la calidad de la partida en cada hito de control.

Para ello, se configuraron restricciones secuenciales que impedían la continuidad del flujo operativo sin la validación previa de los hitos críticos definidos en el procedimiento por ejemplo, los campos de verticalidad y traslapes permanecen ocultos para el ejecutor hasta que el hito de juntas registra el estado 'APROBADO' por la supervisión.

Asimismo, se blindó el proceso mediante la propiedad Editable_If, restringiendo el privilegio de aprobación exclusivamente al personal de M&G Infraestructura.

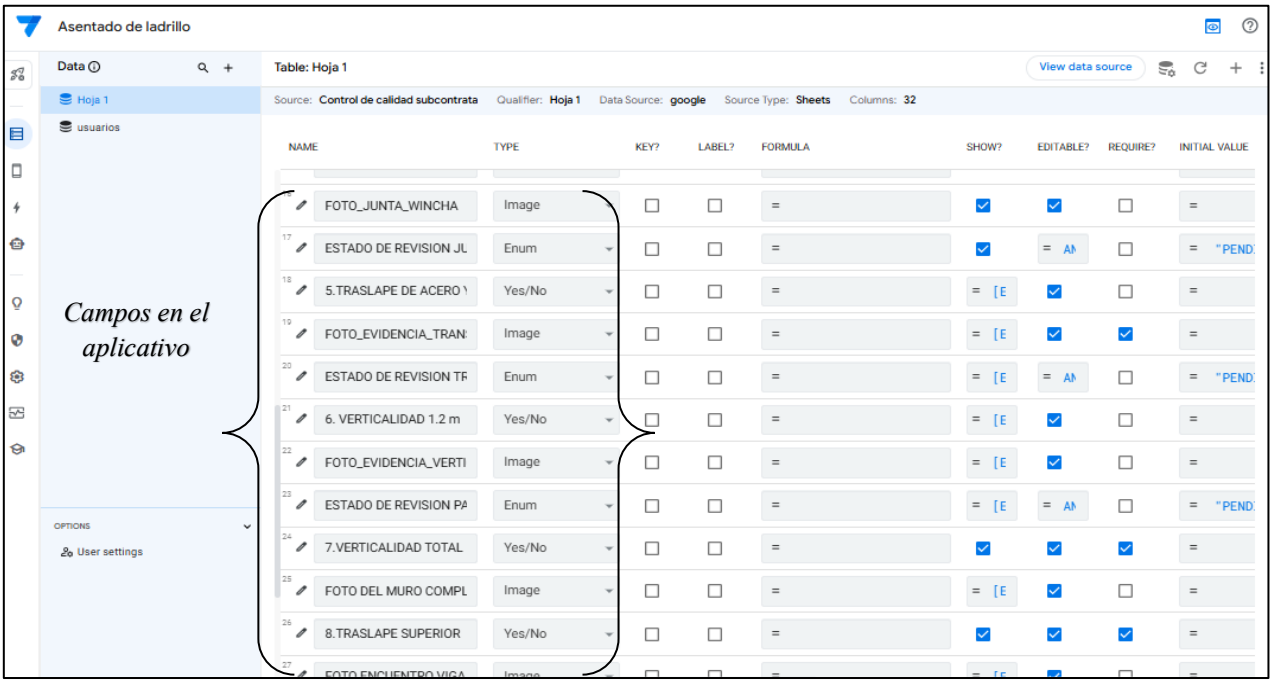
Finalmente, se configuró una validación binaria (Yes/No) con captura multimedia obligatoria, forzando al subcontratista a realizar un autocontrol preventivo antes de solicitar la validación digital.

Asimismo, los roles de Usuario, se crearon interfaces diferenciadas por rol la vista del Subcontratista permite la carga de datos y fotografías, mientras que la vista del Supervisor de M&G habilita exclusivamente los campos de aprobación y firma digital.

A continuación, se muestra la base de datos en el aplicativo Appsheet.

Figura 13

Captura de pantalla de la base de datos en Google Sheets (las columnas de ID, GPS, Fotos, etc.)



Nota: Vista de configuración en el aplicativo AppSheet.

Asimismo, en las siguientes figuras donde se muestra algunas fórmulas de validación o la configuración de un campo obligatorio.

C. Diseño de la Interfaz de Usuario

Se priorizó la usabilidad para minimizar la resistencia al cambio del personal de campo identificada en el diagnóstico. La interfaz cuenta con botones de gran tamaño, menús desplegables y acceso directo a la cámara, optimizando la carga de datos en

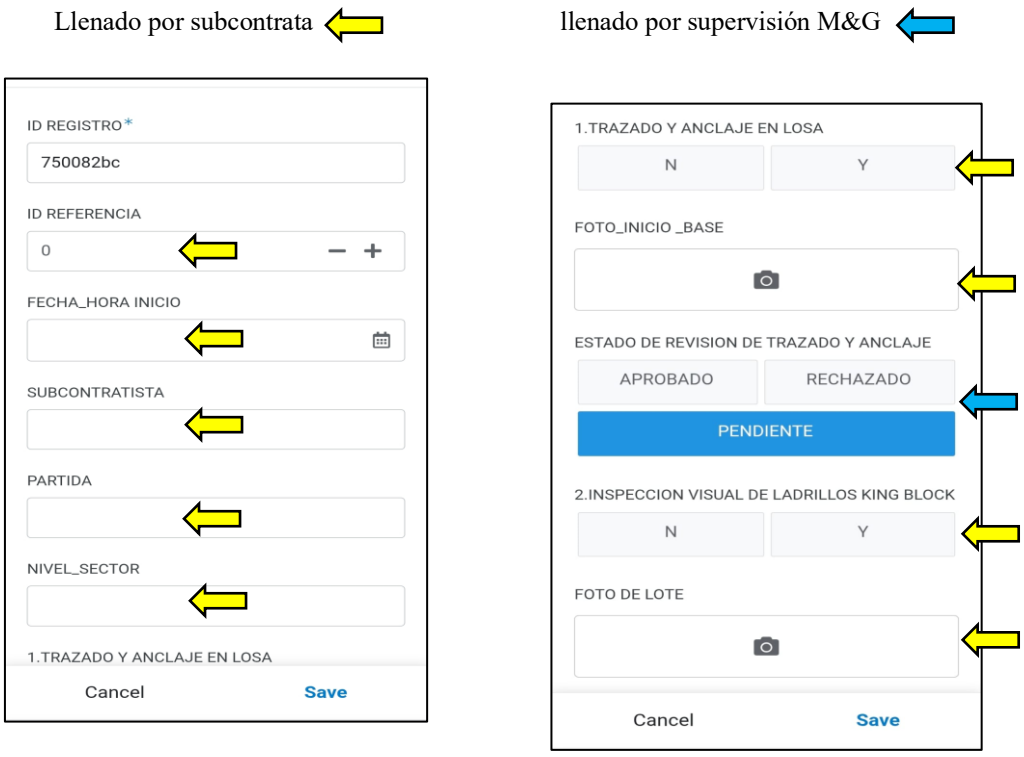
condiciones de obra. Como se muestra en la Figura 14, se diseñaron vistas diferenciadas: un formulario de registro dinámico para el personal que usara el APP y un panel de control (Dashboard) para el supervisor.

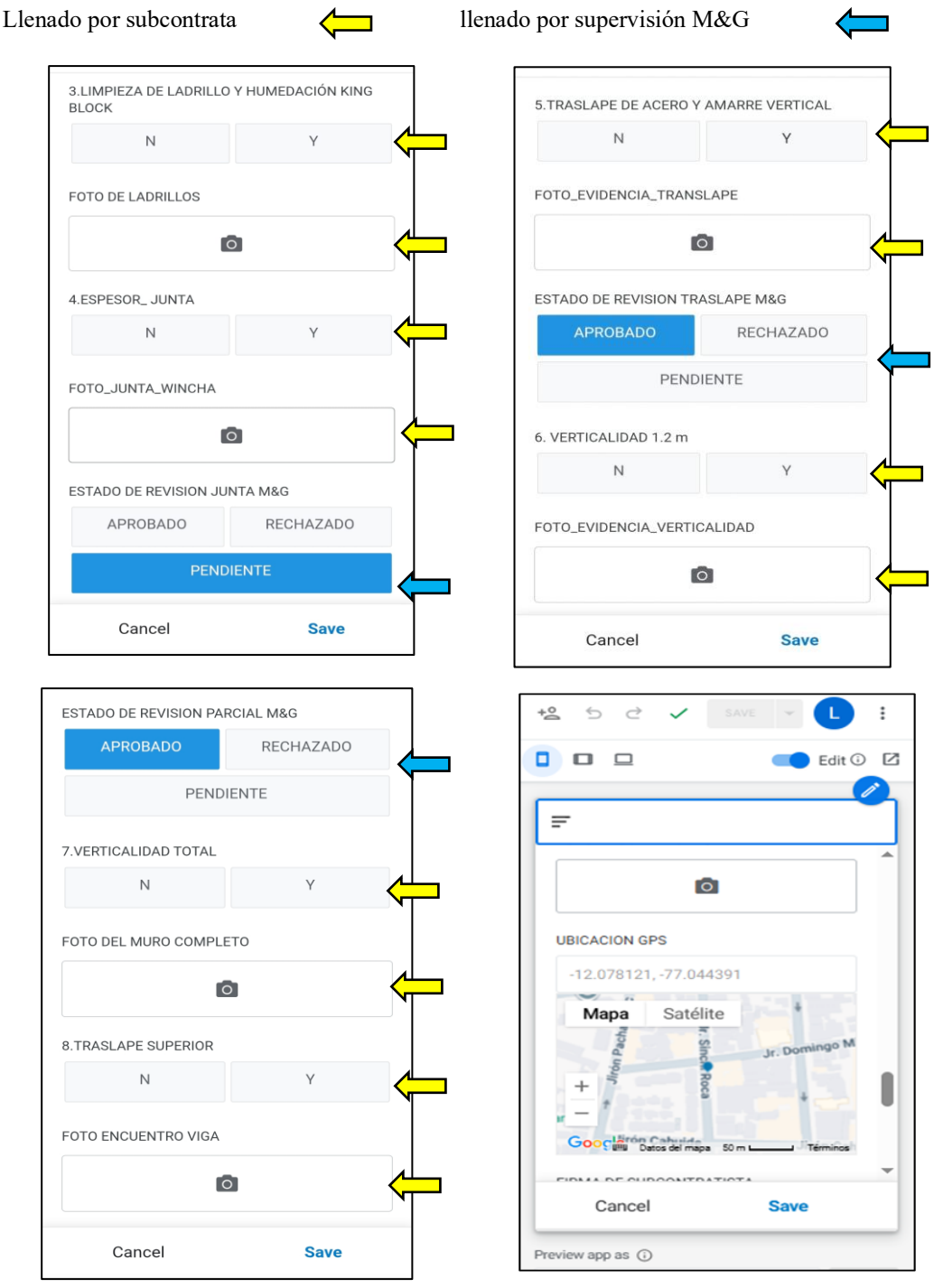
Esta configuración permite que la interacción entre ambos actores sea fluida, permitiendo que el supervisor identifique mediante notificaciones push qué muros requieren inspección inmediata, reduciendo así los desplazamientos innecesarios y eliminando la latencia de comunicación verbal.

A continuación, se muestran capturas de pantalla del celular mostrando la App abierta donde se ubican los puntos de control establecidos que van a dar el aporte digital al procedimiento de control de calidad ya si asegurar los entregables de la partida de tabiquería.

Figura 14

Capturas de pantalla del celular mostrando la App abierta - secuencial





Nota. Elaboración propia. Imágenes capturadas del aplicativo Appsheet.



Nota. Elaboración propia. Imágenes capturadas del aplicativo Appsheet.

3.2.2.2 Diseño del procedimiento de control de calidad propuesto

Consideraciones iniciales antes del diseño

El procedimiento propuesto representa una reingeniería integral de la supervisión de tabiquería, migrando de un modelo reactivo a uno de Calidad en la Fuente. Esta solución operacionaliza los requisitos de la Norma E.070 mediante cinco fases constructivas que integran 8 hitos de control técnico.

Para garantizar la trazabilidad entre la narrativa técnica y el flujo de procesos, se utiliza la siguiente nomenclatura en congruencia con el flujograma de la Figura 7:

Matriz de Criterios Técnicos para Validación Digital

La base estratégica del diseño es la Tabla 7, la cual jerarquiza los puntos críticos de la partida. Esta matriz define la categoría de cada hito y su impacto en la reducción de las fallas priorizadas en el análisis de Pareto. A continuación, se muestra la tabla 7 con los criterios a tomar en cuenta para la propuesta de control digital.

Tabla 7

Matriz de Criterios Técnicos para validación digital

Hito de Control	Categoría	¿Aprobación M&G?	Validación en AppSheet
1. Trazado y Anclaje	Hold Point◆ N°1	SÍ	Bloqueo de inicio + GPS.
2. Inspección de Ladrillos	Witness Point◇N°1	NO	Registro check + Foto lote.
3. Limpieza y Humedecimiento de ladrillo	Witness Point◇N°2	NO	Registro check + Foto
4. Espesor de Juntas	Hold Point◆ N°2	SÍ	Registro check +Foto + verificacion
5. Traslapes de Acero	Hold Point◆ N°3	SÍ	Registro check +Foto + verificacion
6. Verticalidad 1.20m	Hold Point◆ N°4	SÍ	Registro check +Foto + verificacion
7. Ejecución de ultimas hiladas verticalidad total	Witness Point◇N°3	NO	Registro check + Foto
8. Traslape superior	Hold Point◆N°5	SÍ	Registro check +Foto + verificacion final del muro. Firma digital de cierre de subcontratista y M&G.

Nota. Elaboración propia.

Luego se ejecutará el protocolo físico con el supervisor de obra y calidad M&G.

Ciclo Genérico (Lógica de Hold Points)

Antes de detallar las fases operativas, se define el ciclo estándar que rige cada Hold Point (◆) del procedimiento. Este mecanismo garantiza la integridad del proceso y reduce la latencia de información mediante una interacción síncrona entre los actores. El flujo sigue una secuencia lógica de cinco pasos:

- Ejecución [S]: El personal de ADV ejecuta la actividad técnica siguiendo los lineamientos de la Norma E.070.

- Registro y Notificación [S]: El personal asignado de ADV captura en AppSheet la evidencia digital (fotografía con instrumento de medición visible: wincha o plomada) y marca el check de conformidad. Esta acción genera una notificación push automática al supervisor de M&G.
- Verificación Física [V]: El supervisor de M&G acude al frente de trabajo para validar la conformidad técnica de manera presencial.
- Decisión en Aplicativo [V]: APROBADO: El sistema desbloquea el siguiente hito y congela el registro para asegurar la trazabilidad. RECHAZADO: El sistema genera una No Conformidad (NC), bloquea el avance y notifica la corrección requerida.
- Liberación: Tras la subsanación y re-inspección, el hito se cierra con firma digital y marca de tiempo.

Este criterio secuencial asegura que la subcontratista ADV no pueda consolidar errores. En caso de un estado "No Conforme", se activa un ciclo de corrección donde el subcontratista debe levantar la observación y registrar una nueva evidencia fotográfica del levantamiento. El supervisor de M&G recibe una nueva notificación para proceder con la re-verificación. Solo tras obtener la conformidad digital, el aplicativo habilita los campos de la siguiente actividad, garantizando que la calidad se gestione "en la fuente" y no al finalizar el muro.

Desarrollo del procedimiento propuesto

Paso 1: Trazado y anclaje en losa/viga

Se ejecuta el replanteo del muro conforme a planos aprobados, realizando posteriormente las perforaciones e instalación de anclajes mediante resina epoxica.

La subcontrata registrara fotografía y completa el checklist correspondiente en el aplicativo.

Figura 15

Trazo y anclaje de acero



Nota: Elaboración propia. Imagen tomada en el proyecto.

Paso 2: Inspección visual del ladrillo

Se inspeccionan las unidades King Block antes de su colocación, se verificara que no haya ausencias de fisuras, roturas, geometría uniforme y estado adecuando para su instalación. La subcontrata registrara mediante una fotografía de los bloques inspeccionados en el aplicativo.

Figura 16

Inspección visual de los bloques de ladrillo



Nota: Elaboración propia. Imagen tomada en el proyecto.

Paso 3: Limpieza y humedecimiento del ladrillo

Se realiza la limpieza y humedecimiento previo al asentado, se verificara que no haya polvo, elementos extraños y que tenga la humedad adecuada para una mejor

adherencia del mortero. La subcontrata registrara mediante una fotografía de los bloques inspeccionados en el aplicativo.

Figura 17

Limpieza y humedecimiento de ladrillos



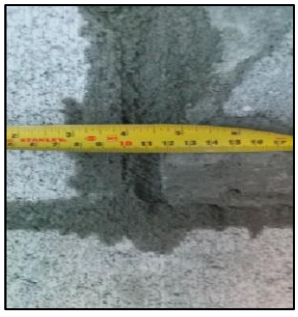
Nota: Elaboración propia. Imagen tomada en el proyecto.

Paso 4: Asentado de hiladas sucesivas (Ladrillos) –Espesor de juntas

En esta actividad se ejecuta se ejecuta el asentado de las primeras hiladas del muro, se verificara la correcta alineación, nivelación, y espesor de juntas entre 1 cm – 1.5 cm. La subcontrata verificara con wincha las juntas de las primera hiladas y registrara en el aplicativo.

Figura 18

Medición de espesor de juntas



Nota: Elaboración propia. Imagen tomada en el proyecto.

Paso 5: Traslape de acero y amarre vertical

Se colocan los aceros de refuerzo y traslapes verticales, asegurando que sea los diámetros correspondientes, así como la longitud de traslape y correcto amarre. El registro de la fotografía de la instalación del refuerzo lo realizara el contratista en el aplicativo.

Figura 19

Traslape de acero y amarre vertical



Nota: Elaboración propia. Imagen tomada en el proyecto.

Paso 6: Ejecución de hiladas verticalidad hasta 1.2m y llenado de alveolos

Se continúa la elevación del muro hasta aproximadamente 1.20 m de altura y se realiza el llenado de alveolos correspondientes, asegurando la verticalidad, el alineamiento y el correcto llenado de las celdas. La subcontrata cargara la evidencia fotográfica en el aplicativo.

Figura 20

Ejecución de hiladas en muros



Nota: Elaboración propia. Imagen tomada en el proyecto.

Paso 7: Ejecución de ultimas hiladas – Verticalidad total

Se completa la construcción del muro hasta alcanzar la altura final, tomando en consideración el nivel superior, la correcta modulación y la verticalidad final a plomada/ regla. La subcontrata registrara una fotografía del muro ejecutado en el aplicativo.

Figura 21

Verificacion de verticalidad total



Nota: Elaboración propia. Imagen tomada en el proyecto.

Paso 8: Traslape superior

Se ejecuta el traslape superior y se verifica integralmente el muro terminado, se verificara la correcta ejecución de los refuerzos, alineamiento, dimensiones, y estado superficial del muro. La contrata evidenciara el registro fotográfico en el aplicativo.

Figura 22

Ejecución de traslape superior



Nota: Elaboración propia. Imagen de campo.

3.2.2.3 Guía de implementación del aplicativo Appsheet.

Con el objetivo de facilitar la adopción del aplicativo por parte del personal de campo, se elaboró una Guía Técnica de Usuario. Este documento describe de manera práctica y secuencial los pasos necesarios para ejecutar el procedimiento de control de calidad en AppSheet, desde la apertura de sesión hasta el cierre del registro. La guía fue diseñada con capturas de pantalla reales del aplicativo, instrucciones paso a paso e indicaciones sobre los Hold Points y Witness Points, con lenguaje sencillo adaptado al nivel del personal operativo. Fue entregada a los 2 personal asignado del subcontratista ADV Construcciones y a los 2 asistentes de campo de M&G durante la jornada de capacitación previa al piloto, y se encuentra disponible en el Anexo 2 del presente trabajo.

Figura 23

Guía de procedimiento y uso de aplicativo


GUÍA DE USO — AppSheet Control de Calidad Tabiquería | M&G Infraestructura | v1.1 | Actualizada según TSP Espinoza & Rodríguez (2026)

GUÍA DE PROCEDIMIENTO Y USO DEL APLICATIVO
Control de Calidad de Tabiquería — AppSheet

Documento de Referencia Operativa de Campo
Versión 1.1 | Proyecto Multifamiliar Balthazar | San Isidro, Lima

Propuesta de procedimiento de control de calidad para subcontratistas en partida crítica de tabiquería utilizando tecnología digital para asegurar los entregables en la empresa M&G Infraestructura

Campo	Detalle
Empresa:	M&G Infraestructura S.A.C.
Subcontratista:	ADV Construcciones
Proyecto:	Multifamiliar Balthazar — San Isidro, Lima (28 pisos)
Partida:	Tabiquería — Asentado de Ladrillo King Block
Plataforma:	AppSheet (Google Sheet — No-Code)
Versión:	1.1 — Actualizada según TSP UPC (Espinoza & Rodríguez, 2026)
Fecha:	Mayo 2026

DOCUMENTO DE USO INTERNO — Restringido al personal capacitado | Código: M&G-CC-GUA-001 | Revisión: 01 | mayo 2026

Nota: Elaboración propia. Imagen de la guía de control de calidad de tabiquería.

3.2.3 Objetivo 3: Implementar el procedimiento de control de calidad diseñado en el proyecto Balthazar para la partida de tabiquería.

En este punto se desarrollará la implementación del procedimiento de control de calidad, para ello se desarrollará el cronograma, la reunión de inicio, la difusión de los indicadores iniciales de la muestra línea base de los 30 muros, la capacitación del procedimiento de control de calidad con aporte digital y la medición de indicadores finales correspondiente al piloto de 40 muros.

A diferencia de la inspección de los 30 muros de línea base — realizada bajo el sistema tradicional de revisión terminal al finalizar la ejecución completa de cada muro — la inspección del piloto se realizó de forma secuencial en cada uno de los 8 hitos definidos en la Tabla 7. Esta distinción metodológica es fundamental para la interpretación de los resultados, las no conformidades registradas en la línea base correspondían a fallas detectadas con muros finalizados, que requerían demolición o retrabajo mayor. Mientras que, las no conformidades que se registren en este piloto corresponderán a fallas interceptadas durante la ejecución para la subcontratista y que hace que el procedimiento de control de calidad con aporte digital, este en cumplimiento de la Cláusula 8.7 de la ISO 9001:2015 (International Organization for Standardization, 2015).

3.2.3.1 Cronograma de implementación

La implementación de la guía de Procedimiento se realiza en un periodo de cuatro semanas de implementación (13 mayo–4 junio), con dos semanas de operación en campo del piloto (18–30 mayo).

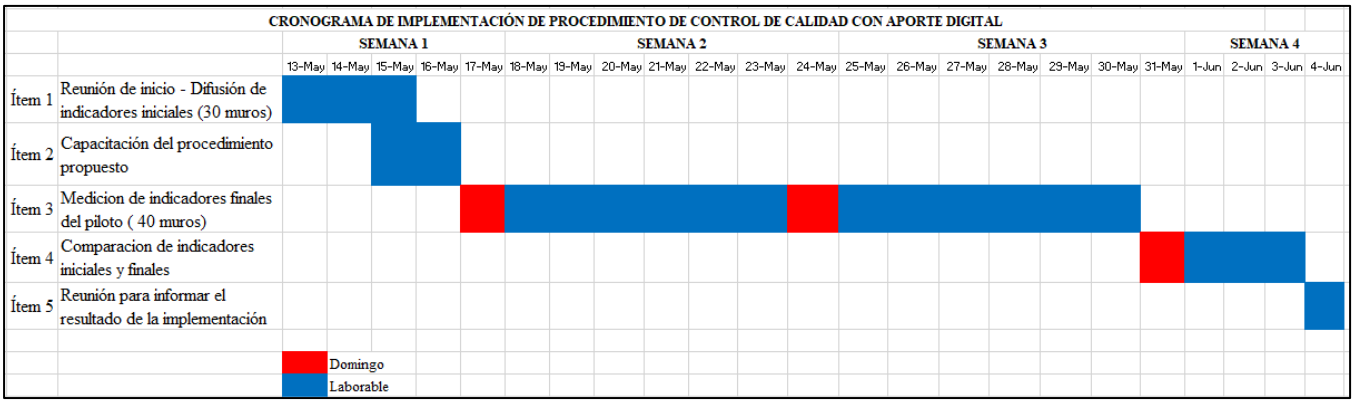
La implementación del procedimiento se desarrolló de manera progresiva con el propósito de asegurar la correcta adaptación de los usuarios y minimizar la resistencia al cambio. Para ello, se establecieron actividades previas de coordinación, capacitación y validación de la herramienta digital antes de iniciar la aplicación en campo.

Durante esta etapa se realizó la difusión de los objetivos del proyecto, la explicación de los indicadores de desempeño y la capacitación práctica sobre el uso del aplicativo AppSheet. Posteriormente, se ejecutó una prueba piloto controlada que permitió verificar el correcto funcionamiento de los registros digitales, la captura de evidencias y el flujo de aprobación de los Hold Points y Witness Points.

Una vez validado el funcionamiento del sistema, se inició la implementación formal en los niveles seleccionados del Proyecto Multifamiliar Balthazar, efectuando un seguimiento permanente a los usuarios para asegurar el cumplimiento del procedimiento y la confiabilidad de la información registrada.

Figura 24

Cronograma de implementación



Nota: Elaboración propia.

La implementación del procedimiento de control de calidad (Objetivo Específico 3) se ejecutó en un periodo de dos semanas de operación en campo, seguidas de una cuarta semana dedicada al análisis preliminar de resultados, que se desarrolla formalmente

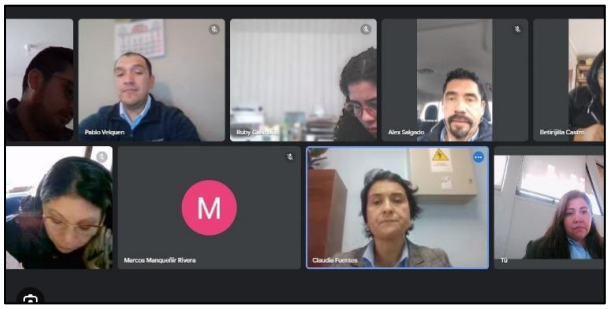
en la sección 3.3 (Objetivo Específico 4). El cronograma detallado se estructura como sigue:

Semana 1 — Coordinación y Sensibilización:

- Reunión de inicio con el staff de la obra y gerente de obra vía zoom y difusión de indicadores iniciales: INCT 26.67%, TMLO 36 h, ISE 20.00%, IEC 56.67%.

Figura 25

Reunión de inicio y difusión de indicadores iniciales



Nota: Elaboración propia. Captura de pantalla tomada en la reunión.

- Capacitación del procedimiento de control de calidad a través del uso del aplicativo App Sheet a trabajadores de ADV Construcciones y asistentes de campo de M&G (6 horas).

Figura 26

Capacitación en el uso del aplicativo





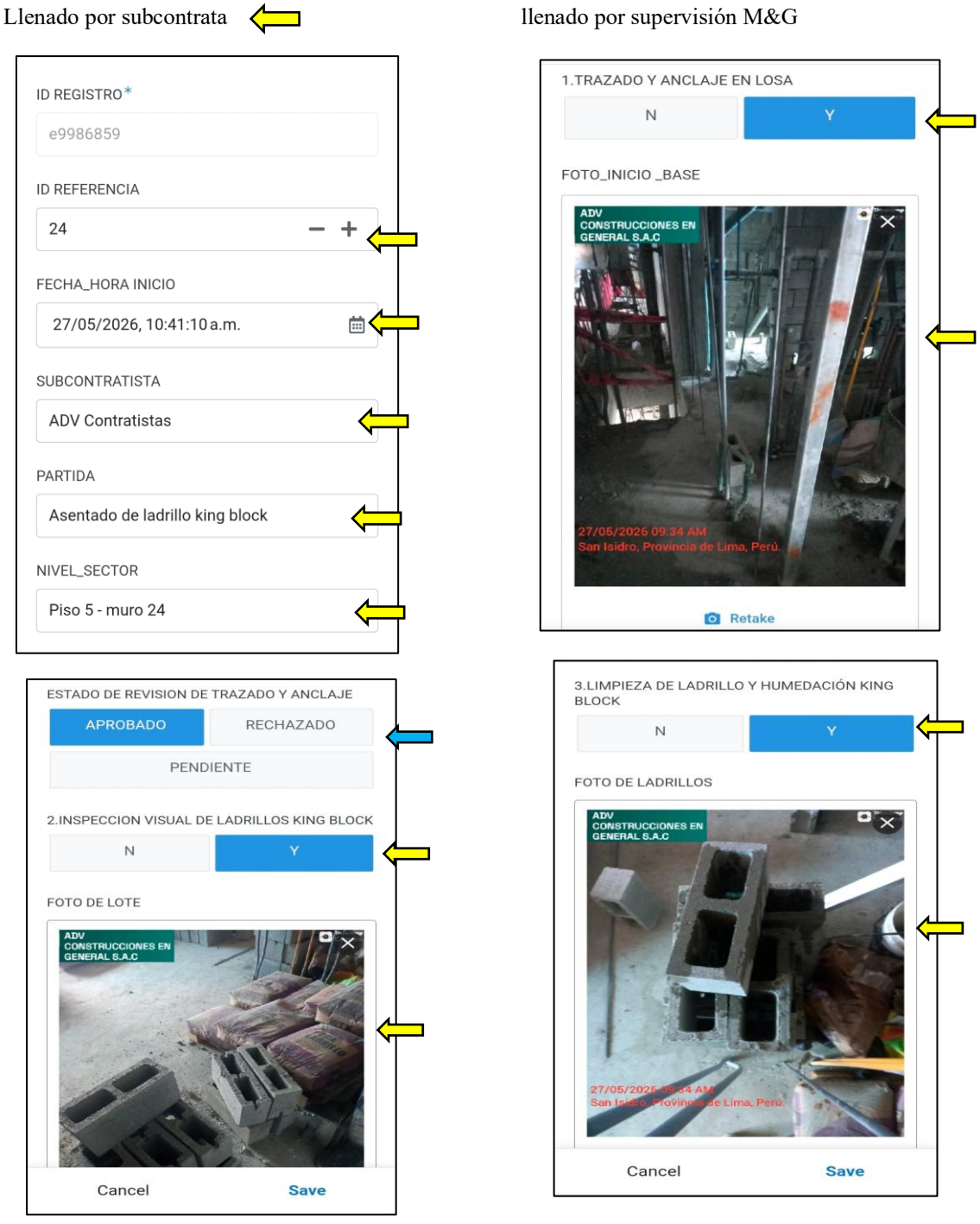
Nota: Elaboración propia. Imagen tomada en el proyecto.

Semana 2 y Semana 3 —Medición de indicadores finales en Piloto:

- Inicio de control secuencial de muros en niveles 3 a 7.
- Recolección de datos en el aplicativo AppSheet siguiendo la siguiente secuencia:

Figura 27

Secuencia del procedimiento implementado con aporte digital

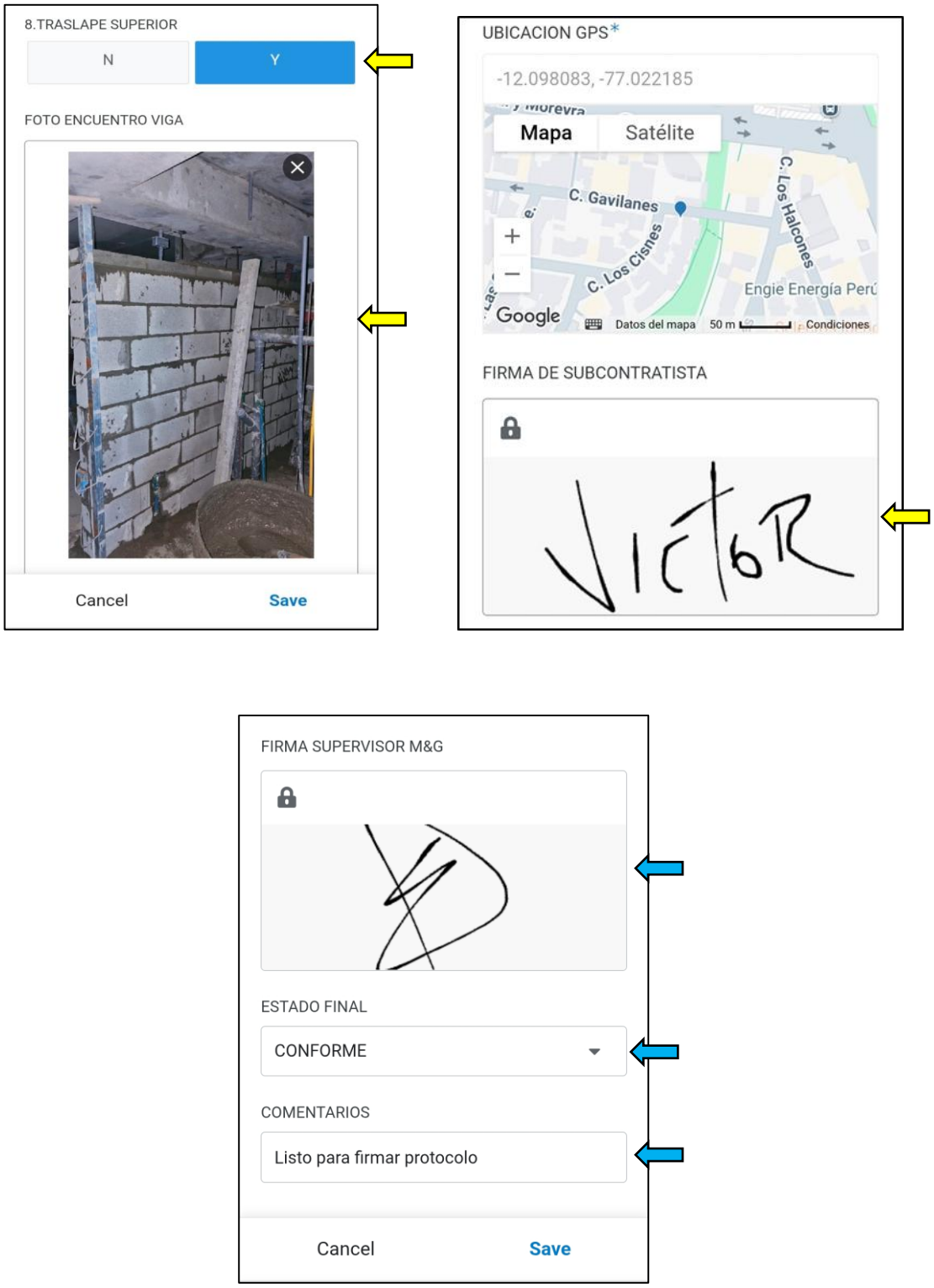



4.ESPESOR_ JUNTA
N
Y
FOTO_JUNTA_WINCHA
Samsung 48 MP Camera
Fecha y hora
Retake
Cancel
Save


ESTADO DE REVISION JUNTA M&G
APROBADO
RECHAZADO
PENDIENTE
5.TRASLAPE DE ACERO Y AMARRE VERTICAL
N
Y
FOTO_EVIDENCIA_TRANSLAPE
ADV CONSTRUCCIONES EN GENERAL S.A.C
Retake
Cancel
Save


ESTADO DE REVISION TRASLAPE M&G
APROBADO
RECHAZADO
PENDIENTE
6. VERTICALIDAD 1.2 m
N
Y
FOTO_EVIDENCIA_VERTICALIDAD
ADV CONSTRUCCIONES EN GENERAL S.A.C
Cancel
Save


ESTADO DE REVISION PARCIAL M&G
APROBADO
RECHAZADO
PENDIENTE
7.VERTICALIDAD TOTAL
N
Y
FOTO DEL MURO COMPLETO
Retake
Cancel
Save

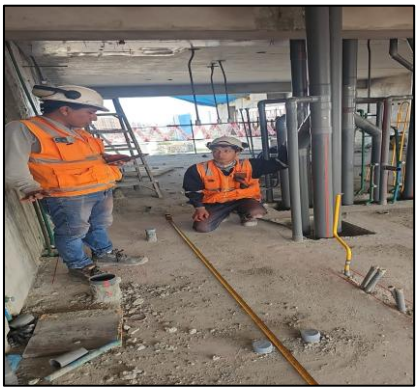


Nota: Elaboración propia. Imágenes del aplicativo.

- Supervisión continúa por el equipo investigador para ajustes operativos.

Figura 28

Supervisión continúa por el equipo investigador





Nota: Imagen de campo.

Semana 4 — Análisis de indicadores (Objetivo Específico 4):

- Comparación de Análisis de indicadores iniciales y finales.
- Elaboración de presentación de resultados para difusión interna.

3.3 Validación del Proyecto

Cabe precisar que, dada la naturaleza de plantas típicas repetitivas propia de la edificación en altura, los muros de los niveles 3 al 7 presentan características constructivas equivalentes a los de los niveles 3 y 4 (línea base), lo que sustenta la validez de la comparación entre ambos grupos.

Se realiza el análisis de la comparación de los resultados obtenidos entre la situación actual del problema (línea base de 30 muros con sistema tradicional) y la propuesta de solución (40 muros con procedimiento digital AppSheet), en base a los indicadores de medición del problema.

3.3.1 Objetivo 4: Análisis de resultados Cuantitativos del Piloto

La implementación del procedimiento de control de calidad propuesto se ejecutó durante cuatro semanas de implementación (13 mayo–4 junio), con dos semanas de operación en campo del piloto (18–30 mayo) controlando un total de 40 muros de tabiquería en los niveles 3 al 7 del Proyecto Multifamiliar Balthazar. Los datos registrados en la plataforma AppSheet constituyen la evidencia digital directa del desempeño del sistema.

A diferencia de la inspección de los 30 muros de línea base — realizada bajo el sistema tradicional de revisión terminal al finalizar la ejecución completa de cada muro — la inspección del piloto se realizó de forma secuencial en cada uno de los 8 hitos definidos en la Tabla 7.

Esta distinción metodológica es fundamental: las no conformidades de la línea base eran fallas detectadas en muros finalizados, que requerían demolición; mientras que las del piloto fueron interceptadas durante la ejecución, sin costo de demolición.

Tabla 8

Matriz comparativa de resultados: Sistema Tradicional vs. Procedimiento propuesto

Indicador	Tipo	Unidad	Línea Base (30 muros)	Meta de Logro	Resultado Piloto (40 muros)	Mejora Relativa	Estado Meta
INCT	Calidad	%	26.67%	< 15%	12.50%	53.13%	Superada
TMLO	Eficiencia	Horas	36	< 24	12.45	65.42%	Superada
ISE	Trazabilidad	%	20.00%	≥ 80%	100.00%	400.00%	Superada
IEC	Calidad	%	56.67%	≥ 85%	85.00%	49.98%	Superada

Nota: Resultados del piloto sobre 40 muros (niveles 3 al 7).

3.3.2 Evidencia de Registro de los 40 Muros del Piloto

A continuación, se presenta el cuadro resumen de los 40 muros inspeccionados mediante AppSheet durante el piloto en el Proyecto Balthazar (Niveles 3 al 7), incluyendo las 5 no conformidades detectadas y corregidas en el proceso.

Figura 29

Registro de control de los 40 muros del piloto AppSheet

ID REF	Nivel-Sector	Fecha Inicio	Estado Final	¿NC?	Hito NC	Fecha Rechazo	Fecha Corrección	Tiempo NC
1	Piso 3 - Muro 15	18/05/2026 15:59	CONFORME	NO	-	-	-	-
2	Piso 3 - Muro 35	18/05/2026 16:21	CONFORME	NO	-	-	-	-
3	Piso 3 - Muro 6	18/05/2026 15:02	CONFORME	**SÍ**	**Juntas (H4)**	**18/05/2026 09:32**	**18/05/2026 15:02**	**5.50h**
4	Piso 3 - Muro 31	19/05/2026 09:43	CONFORME	NO	-	-	-	-
5	Piso 3 - Muro 24	19/05/2026 09:52	CONFORME	NO	-	-	-	-
6	Piso 3 - Muro 19	19/05/2026 09:59	CONFORME	NO	-	-	-	-
7	Piso 3 - Muro 41	19/05/2026 16:44	CONFORME	NO	-	-	-	-
8	Piso 3 - Muro 1	20/05/2026 10:54	CONFORME	NO	-	-	-	-
9	Piso 3 - Muro 10	20/05/2026 14:32	CONFORME	NO	-	-	-	-
10	Piso 4 - Muro 13	21/05/2026 16:58	CONFORME	**SÍ**	**Juntas (H4)**	**21/05/2026 08:57**	**21/05/2026 16:58**	**8.02h**
11	Piso 4 - Muro 29	21/05/2026 15:08	CONFORME	NO	-	-	-	-
12	Piso 4 - Muro 19	21/05/2026 15:12	CONFORME	NO	-	-	-	-
13	Piso 4 - Muro 21	22/05/2026 13:59	CONFORME	NO	-	-	-	-
14	Piso 4 - Muro 20	22/05/2026 14:42	CONFORME	NO	-	-	-	-
15	Piso 4 - Muro 11	22/05/2026 14:53	CONFORME	NO	-	-	-	-
16	Piso 4 - Muro 18	22/05/2026 15:07	CONFORME	NO	-	-	-	-
17	Piso 5 - Muro 20	23/05/2026 11:38	CONFORME	NO	-	-	-	-
18	Piso 4 - Muro 46	25/05/2026 09:26	CONFORME	NO	-	-	-	-
19	Piso 5 - Muro 28	25/05/2026 09:34	CONFORME	NO	-	-	-	-
20	Piso 5 - Muro 48	25/05/2026 09:44	CONFORME	NO	-	-	-	-
21	Piso 5 - Muro 6	25/05/2026 09:52	CONFORME	NO	-	-	-	-
22	Piso 5 - Muro 4	25/05/2026 10:08	CONFORME	NO	-	-	-	-
23	Piso 5 - Muro 23	27/05/2026 10:33	CONFORME	NO	-	-	-	-
24	Piso 5 - Muro 24	27/05/2026 10:41	CONFORME	NO	-	-	-	-
25	Piso 5 - Muro 14	27/05/2026 10:46	CONFORME	NO	-	-	-	-
26	Piso 6 - Muro 8	27/05/2026 10:55	CONFORME	NO	-	-	-	-
27	Piso 6 - Muro 31	27/05/2026 14:04	CONFORME	NO	-	-	-	-
28	Piso 6 - Muro 18	27/05/2026 14:29	CONFORME	NO	-	-	-	-
29	Piso 5 - Muro 13	28/05/2026 16:55	CONFORME	**SÍ**	**Juntas (H4)**	**28/05/2026 07:07**	**28/05/2026 16:55**	**9.80h**
30	Piso 6 - Muro 22	28/05/2026 15:14	CONFORME	NO	-	-	-	-
31	Piso 6 - Muro 42	28/05/2026 15:19	CONFORME	NO	-	-	-	-
32	Piso 6 - Muro 25	28/05/2026 15:47	CONFORME	NO	-	-	-	-
33	Piso 6 - Muro 10	30/05/2026 08:38	CONFORME	**SÍ**	**Juntas (H4)**	**29/05/2026 08:46**	**30/05/2026 08:38**	**23.87h**
34	Piso 6 - Muro 50	30/05/2026 08:54	CONFORME	NO	-	-	-	-
35	Piso 7 - Muro 49	30/05/2026 09:04	CONFORME	NO	-	-	-	-
36	Piso 7 - Muro 28	30/05/2026 09:39	CONFORME	NO	-	-	-	-
37	Piso 7 - Muro 47	30/05/2026 09:47	CONFORME	NO	-	-	-	-
38	Piso 7 - Muro 17	30/05/2026 08:15	CONFORME	**SÍ**	**Verticalidad (H6)**	**29/05/2026 17:10**	**30/05/2026 08:15**	**15.08h**
39	Piso 7 - Muro 22	30/05/2026 14:18	CONFORME	NO	-	-	-	-
40	Piso 7 - Muro 33	30/05/2026 14:23	CONFORME	NO	-	-	-	-

Nota: Imagen del aplicativo. Resumen del piloto: 40 muros totales; 39 CONFORME (97.5%); 1 (2.5%) — ID REF 13, Piso 4 - Muro 21 (sin firma de supervisor M&G); 5 NC detectadas y corregidas (12.5%). Distribución de NC: Juntas (H4): 4 casos (80%); Verticalidad (H6): 1 caso (20%).

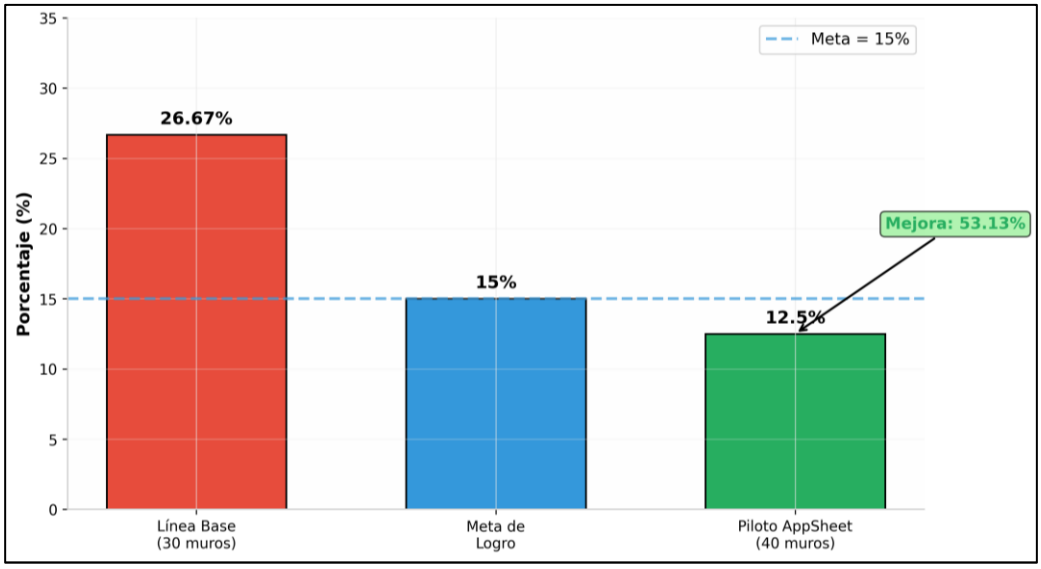
3.3.3 Interpretación por Indicador

a) INCT — Índice de No Conformidades Técnicas

El INCT se redujo de 26.67% (8 NC de 30 muros, línea base) a 12.50% (5 NC de 40 muros, piloto), superando la meta del 15% con mejora del 53.13%. La diferencia clave: en la línea base las NC eran de Producto (muros rechazados al finalizar, con demolición); en el piloto son de Proceso (interceptadas en Hold Points, sin demolición). Las 5 NC se distribuyen: Juntas (H4): 4 casos; Verticalidad (H6): 1 caso. No hubo NC en Traslape (H5) ni Trazado (H1), validando la efectividad de esos hitos.

Figura 30

Gráfico de barras comparativo del INCT



Nota: Elaboración propia.

b) TMLO — Tiempo Medio de Levantamiento de Observaciones

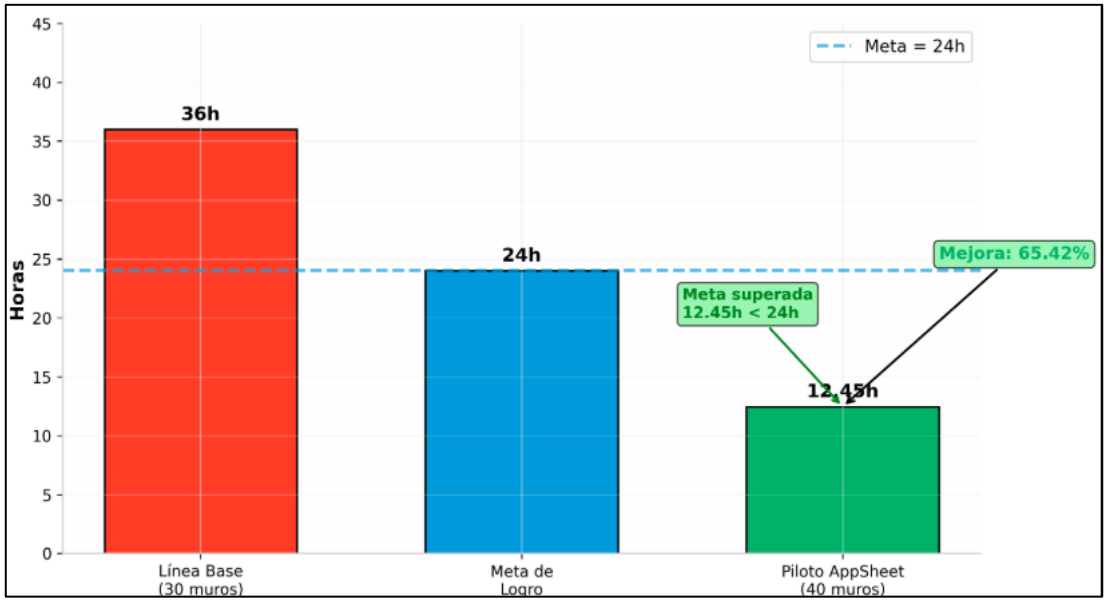
El TMLO descendió de 36.00 a 12.45 horas (mejora 65.42%), superando ampliamente la meta de 24 horas. Los 5 casos de NC muestran que el tiempo depende de la naturaleza de la corrección y del momento de detección:

- NC #1 (ID REF 3, Juntas): 5.50h — Detectada 9:32am, corregida 3:02pm mismo día.
- NC #2 (ID REF 10, Juntas): 8.02h — Detectada 8:57am, corregida 4:58pm mismo día.
- NC #3 (ID REF 29, Juntas): 9.80h — Detectada 7:07am, corregida 4:55pm mismo día.
- NC #4 (ID REF 33, Juntas): 23.87h — Detectada 8:46am, corregida 8:38am día siguiente.
- NC #5 (ID REF 38, Verticalidad): 15.08h — Detectada 5:10pm, corregida 8:15am día siguiente.

Las 3 primeras NC (60%) se corrigieron en menos de 10 horas porque fueron detectadas en horario matutino y el subcontratista pudo corregir durante la misma jornada. Las 2 últimas NC requirieron pasar al día siguiente: una por detección en horario vespertino (NC #38) y otra por coincidir con fin de semana (NC #33). Esto demuestra que el sistema digital permite correcciones inmediatas cuando la NC se detecta en horario laboral (lunes a sábado), validando la efectividad de las notificaciones push.

Figura 31

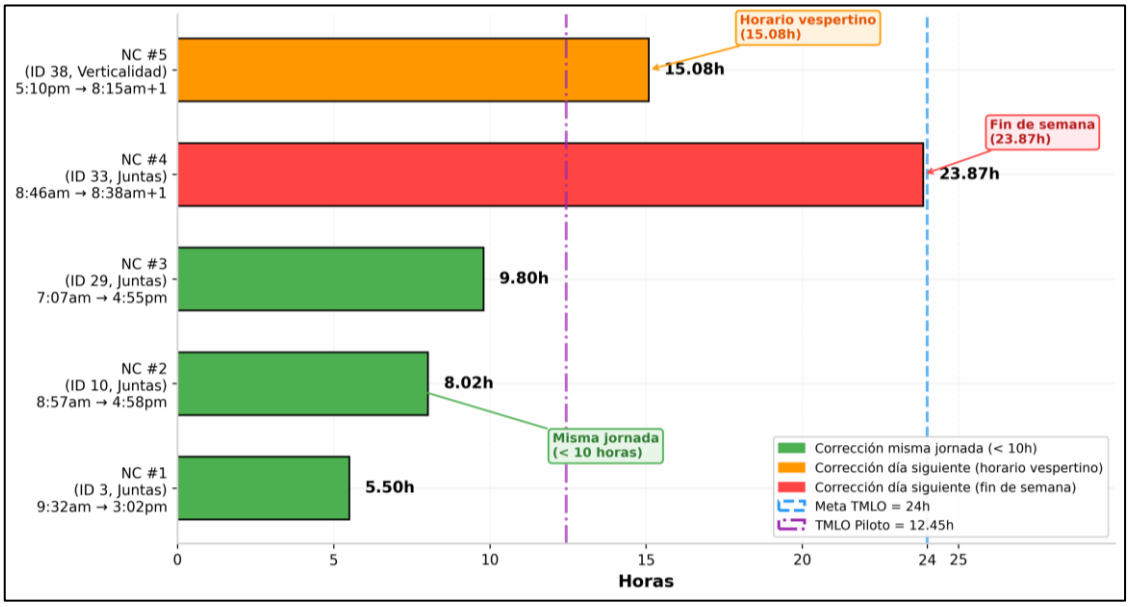
Gráfico de barras comparativo del TMLO



Nota: Elaboración propia.

Figura 32

Tiempos de cada no conformidad

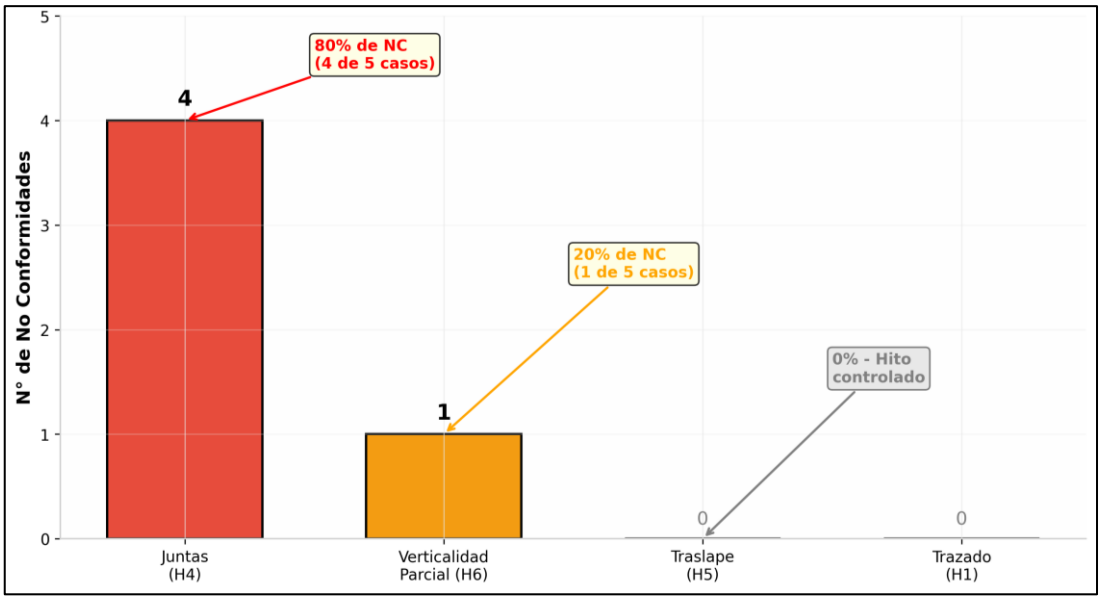


Nota: Elaboración propia.

La Figura 32 presenta los tiempos de corrección individuales de cada NC. Las tres primeras (60%) fueron corregidas en menos de 10 horas durante la misma jornada laboral, mientras que las dos restantes (40%) requirieron pasar al día siguiente por detección en horario vespertino o coincidencia con fin de semana. Esta distribución valida que las notificaciones push eliminan la latencia cuando la detección ocurre en horario operativo, pero los factores externos siguen condicionando el TMLO en aproximadamente 40% de los casos.

Figura 33

Evolución temporal de no conformidades durante el piloto



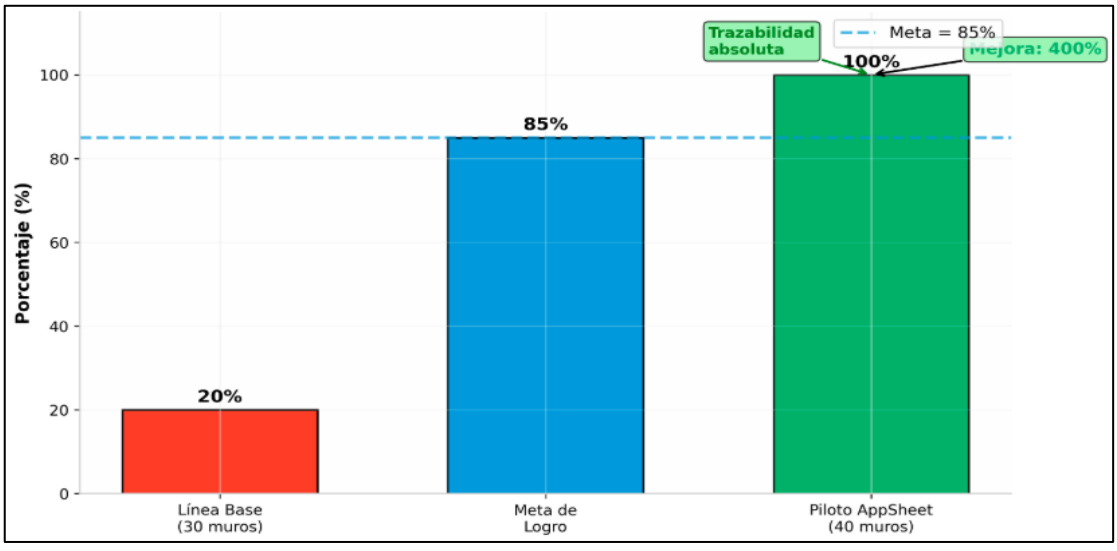
Nota: Elaboración propia.

c) ISE — Índice de Sustento de Evidencias

El ISE alcanzó 100% (40/40 muros con evidencia digital completa: fotos, GPS, timestamp), superando la meta del 80% con mejora del 400%. En la línea base solo 6 de 30 muros (20%) tenían alguna foto dispersa. El 100% refleja el cumplimiento técnico de los campos obligatorios de AppSheet, no un cambio cultural inmediato del personal.

Figura 34

Gráfico de barras comparativo del ISE



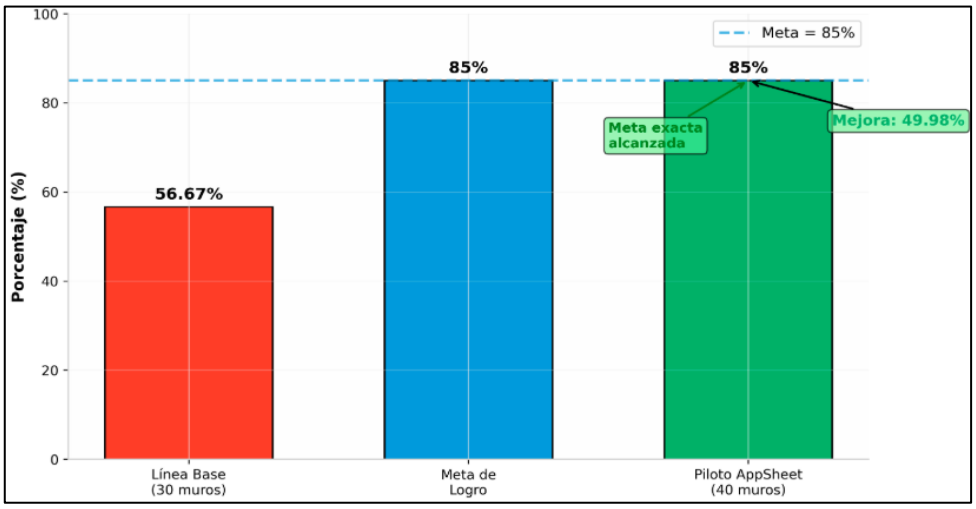
Nota: Elaboración propia.

d) IEC — Índice de Entregables Conforme

El IEC alcanzó 85.00% (34/40 muros con protocolo físico SGC.C.009 firmado y cero desviaciones), cumpliendo exactamente la meta con mejora del 49.98%. De 40 muros, 39 alcanzaron CONFORME en AppSheet (97.5%), pero solo 34 completaron el protocolo físico. El muro ID REF 13 fue subsanado administrativamente en la jornada posterior al cierre del piloto, obteniéndose la firma del supervisor de obra en el protocolo físico SGC.C.009. Sin embargo, dado que la firma ocurrió fuera del período de medición del piloto, el muro no fue contabilizado dentro del IEC para mantener la integridad metodológica de la comparación.

Figura 35

Gráfico de barras comparativo del IEC



Nota: Elaboración propia.

La Figura 35 presenta el comparativo del IEC (Índice de Entregables Conforme), el cual alcanzó exactamente el 85% de la meta establecida, representando una mejora del 49.98% respecto a la línea base (56.67%). Este valor refleja que 34 de 40 muros completaron el protocolo físico SGC.C.009 firmado por el supervisor de obra y el área de calidad de M&G, sin desviaciones técnicas ni administrativas. Es importante precisar que, si bien 39 muros (97.5%) alcanzaron el estado 'CONFORME' en el aplicativo AppSheet, el IEC aplica un criterio más estricto que excluye los muros con no conformidades de proceso detectadas durante la ejecución (5 muros, 12.5%) y el muro que quedó pendiente por ausencia de firma del supervisor M&G (ID REF 13,

Piso 4 - Muro 21, 2.5%). Esta distinción entre 'conformidad digital' y 'conformidad integral' responde a la Cláusula 8.7 de la ISO 9001:2015.

El muro ID REF 13 evidencia que el factor humano sigue siendo un riesgo en la cadena de valor del entregable, particularmente en la etapa de formalización administrativa.

3.4 Interpretación de los Resultados

Indicador INCT: se redujo 53.13% porque los Hold Points digitales interceptaron las desviaciones durante la ejecución (NC de Proceso), antes de que se consolidaran en el muro terminado (NC de Producto). Las 5 NC fueron corregidas sin demolición; en la línea base el 26.67% requirió retrabajo mayor.

Indicador TMLO: se redujo 65.42% y superó la meta de 24h porque las notificaciones push del sistema digital permitieron que el subcontratista corrigiera las NC en la misma jornada laboral cuando la detección ocurrió en horario matutino (3 de 5 casos en <10h). Solo 2 casos requirieron pasar al día siguiente por detección en horario vespertino. Esto demuestra que la latencia de información fue eliminada efectivamente.

Indicador ISE: alcanzó 100% porque la arquitectura de AppSheet con campos obligatorios impide registros sin evidencia fotográfica, GPS y timestamp. El 100% refleja cumplimiento técnico del protocolo, no cambio cultural inmediato.

Indicador el IEC: alcanzó exactamente 85% Porque el 12.5% de muros con NC de Proceso (5 muros) fueron entregables aceptables, pero no conformes al 100% (requirieron corrección durante ejecución). El 2.5% (1 muro) quedó pendiente por factor humano en la firma física, no por falla técnica. Sin perjuicio de los resultados positivos obtenidos, es pertinente precisar el alcance de la generalización. El piloto controló 40 muros durante dos semanas de operación en campo (18–30 de mayo de 2026), enmarcadas dentro de las cuatro semanas totales de implementación (13 mayo–4 junio, que incluyen la semana de capacitación previa y la semana de análisis posterior). Los 40 muros representan el 14.3% del universo total de muros en los niveles 3 al 7, con la participación de un único subcontratista (ADV Construcciones) y cuatro operadores capacitados. Esta condición, declarada en las limitaciones del 1.8, implica que los valores cuantitativos obtenidos son válidos para el contexto del proyecto Balthazar.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Luego de realizar la presente investigación, se presenta las conclusiones de acuerdo con los objetivos específicos planteados.

- Conclusión 1 (Objetivo General): El procedimiento de control de calidad digital diseñado e implementado para la partida de tabiquería en el Proyecto Multifamiliar Balthazar demostró, en condiciones reales de obra, su viabilidad técnica para transitar de un modelo de supervisión reactivo a uno preventivo. Los resultados cuantitativos del piloto validan esta transición: reducción del INCT en 53.13% (de 26.67% a 12.50%), disminución del TMLO en 65.42% (de 36.00 a 12.45 horas), incremento del ISE (de 20.00% a 100.00%) e incremento del IEC en 49.98% (de 56.67% a 85.00%), garantizando así el 85% de entregables conformes en alineamiento con la Norma E.070 y la Cláusula 8.5.1 de la ISO 9001:2015

- Conclusión 2 (Objetivo Específico 1 — Diagnosticar): El diagnóstico confirmó que el 80% de registros del sistema tradicional eran retrospectivos y que el 86% de fallas se concentraban en juntas, verticalidad y traslapes, datos que orientaron correctamente el diseño de los 8 hitos de control.

- Conclusión 3 (Objetivo Específico 2 — Diseñar): El procedimiento de control de calidad estructurado en 8 hitos (5 Hold Points + 3 Witness Points) constituyó una reingeniería integral de la supervisión de tabiquería, operacionalizando el principio Lean de Calidad en la Fuente mediante bloqueos digitales secuenciales. La matriz de criterios técnicos (Tabla 7) asegura que los hitos atacan directamente el 86% de las fallas priorizadas, cumpliendo con los requisitos de verticalidad, espesor de juntas y traslapes de la Norma Técnica E.070 y la Cláusula 8.5.1 de la ISO 9001:2015.

- Conclusión 4 (Objetivo Específico 3 — Implementar): La implementación en 40 muros demostró viabilidad operativa en condiciones reales de obra, con adopción satisfactoria; los 4 operadores capacitados completaron el 100% de los registros sin abandonar el sistema durante las dos semanas de operación en campo del

piloto (18–30 de mayo), y el ISE de 100% confirma que ningún muro quedó sin evidencia digital registrada en AppSheet.

- Conclusión 5 (Objetivo Específico 4 — Analizar): El cumplimiento simultáneo de los cuatro indicadores de logro (INCT=12.50%, TMLO=12.45h, ISE=100%, IEC=85%) demuestra que el procedimiento actúa de forma sistémica sobre las tres dimensiones del problema, la técnica (reducción de NC), temporal (reducción de latencia) y documental (trazabilidad integral). El hallazgo más relevante del análisis es la distinción cualitativa entre NC de producto (muros terminados con demolición, propias del sistema tradicional) y NC de proceso (desviaciones interceptadas durante la ejecución, sin costo de retrabajo mayor), distinción que constituye el aporte conceptual más original de este trabajo.

4.2 Recomendaciones

- Recomendación 1: Extender el diagnóstico a otras partidas críticas (concreto, acero, instalaciones) para replicar la metodología de identificación de fallas mediante análisis de Pareto.

- Recomendación 2: Incorporar un módulo de alerta predictiva en AppSheet que identifique patrones de riesgo antes de la ejecución, basado en el histórico de NC concentradas en juntas (80% de casos).

- Recomendación 3: Establecer un protocolo de respaldo de conectividad para zonas de obra con señal limitada, garantizando que el registro digital no se interrumpa.

- Recomendación 4: Implementar un indicador complementario de Tiempo de Corrección por Turno (TCT) que categorice el momento de detección de NC (matutino/vespertino/fin de semana) y establezca metas diferenciadas de TMLO según turno, respondiendo a la limitación identificada en el análisis donde el 40% de los casos requirieron pasar al día siguiente por factores de horario.

- Recomendación 5: Formalizar el procedimiento digital como documento controlado del SGC de M&G Infraestructura y para validar la generalización de los resultados más allá del Proyecto Balthazar, se recomienda aplicar el procedimiento en al menos dos proyectos adicionales de M&G Infraestructura

con diferentes subcontratistas, usando el presente trabajo como protocolo de referencia. Esto permitirá evaluar la robustez del sistema ante variaciones en el factor humano y condiciones de obra.

5 REFERENCIAS

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (6th ed.)*. SAGE Publications.

Development Bureau, Gobierno de Hong Kong. (2025). *Technical Circular (Works) No. 8/2025: System requirements for Digital Works Supervision System (DWSS)*. https://www.devb.gov.hk/filemanager/technicalcirculars/en/upload/1404/1/C-2025-08-01.pdf

Ghansah, F. A., Manu, E., Awuah, F., Adinyira, E., & Edwards, D. J. (2024). Digital technologies for quality assurance in the construction industry: Current trend and future research directions towards Industry 4.0. Buildings, 14(3), 844. https://doi.org/10.3390/buildings14030844.

International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015: Quality management systems — Requirements (5th ed.)*. https://www.iso.org/standard/62085.html

Kshaf, D. A., Mohamed, M. A., & El-Dash, K. M. (2022). The major problems between main contractors and subcontractors in construction projects in Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*, *13*(6), 101813.https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2022.101813

Love, P. E. D., Matthews, J., Porter, S. R., Carey, B., & Fang, W. (2023). Quality II: A new paradigm for construction. *Developments in the Built Environment*, *16*, 100261. https://doi.org/10.1016/J.DIBE.2023.100261

Love, P. E. D., Matthews, J., Sing, M. C. P., Porter, S. R., & Fang, W. (2022). State of Science: Why Does Rework Occur in Construction? What Are Its Consequences? And What Can be Done to Mitigate Its Occurrence? *Engineering*, *18*, 246–258. https://doi.org/10.1016/J.ENG.2022.05.010

Maskuriy, R., Selamat, A., Ali, K. N., Maresova, P., & Krejcar, O. (2023). Industry 4.0 and Construction 4.0: Definitional framework and technology classification for the built environment. *Sustainability, 15(7), 5806.* https://doi.org/10.3390/su15075806

Montgomery, D. C. (2019). *Introduction to statistical quality control (8th ed.).* John Wiley & Sons.

Olanrewaju, A., Bong, M. Z. X., & Preece, C. (2022). Establishment of pre-qualification criteria for the selection of subcontractors by the prime constructors for building projects. *Journal of Building Engineering*, *45*(103644). https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103644

Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide, 7th ed.)*. PMI.

Radman, K., Jelodar, M. B., Lovreglio, R., Ghazizadeh, E., & Wilkinson, S. (2025). Real-Time tracking and analysis in construction projects: A RealCONs framework. *Advanced Engineering Informatics*, *67*, 103511. https://doi.org/10.1016/J.AEI.2025.103511

6 ANEXOS

6.1 ANEXO 1:

Se adjunta el Link de las encuestas y entrevistas.

https://drive.google.com/file/d/1VH5pABYhkShB3SlR7lszRGcLrnIlSLNC/view?usp=sharing



I. DATOS GENERALES DE ENCUESTA

Instrucciones: Marque con una (X) la opción que corresponda.

1. Cargo / Rol:	2. Años de experiencia en el rubro de construcción:	3. Empresa a la que pertenece:
[ ] Capataz	[ ] 0 - 5 años	[ ] M&G Infraestructura
[ ] Operario	[X] 5 - 10 años	[X] Subcontratista (ADV Construcciones)
[ ] Asistente de Campo	[ ] Más de 10 años	
[ ] Otro: Ing. Calidad.		

Fecha de encuesta: 27/4/26

II. EVALUACIÓN DEL PROCESO ACTUAL

N°	Encuesta	Opciones de Respuesta	Marque (X)
1	¿En qué momento se registra físicamente la información en el protocolo físico de ubicación (SGC.C.008)?	Durante la ejecución de las primeras hiladas.	
		Al finalizar el muro completo.	X
		Al cierre de la jornada laboral.	
		A finalizar la semana.	

6.2 ANEXO 2:

Se adjunta el link de la Guía Técnica de Usuario — Procedimiento de Control de Calidad.

https://drive.google.com/file/d/1eymC9NkQHka9k1cKcANz5AP92Y-30i63/view?usp=sharing



GUÍA DE PROCEDIMIENTO Y USO DEL APLICATIVO

Control de Calidad de Tabiquería — AppSheet

Documento de Referencia Operativa de Campo

Versión 1.1 | Proyecto Multifamiliar Bathuzar | San Isidro, Lima

Propuesta de procedimiento de control de calidad para subcontratistas en partida crítica de tabiquería utilizando tecnología digital para asegurar los entregables en la empresa M&G Infraestructura

Campo	Detalle
Empresa:	M&G Infraestructura S.A.C.
Subcontratista:	ADV Construcciones
Proyecto:	Multifamiliar Bathuzar — San Isidro, Lima (20 pisos)
Partida:	Tabiquería — Asentado de Ladrillo King Block
Plataforma:	AppSheet (Google Sheet — No-Code)
Versión:	1.1 — Actualizada según TSP UPC (Espinoza & Rodríguez, 2026)
Fecha:	Mayo 2026

DOCUMENTO DE USO INTERNO — Restringido al personal capacitado | Código: M&G-CC-GUIA-001 | Revisión: 01 | mayo 2026