



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

“DISEÑO DE CANALIZACIÓN Y CABLEADO DEL SISTEMA BMS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN LA ESTACIÓN 10, LÍNEA 2 DEL METRO DE LIMA, 2025”

**Trabajo de suficiencia profesional para optar al título
profesional de:**

Ingeniero Mecatrónico

Autor:

Christopher Jean Paul Aguirre Villoslada

Asesor:

Mg. Ing. Joel Diógenes Zambrano Falcón

<https://orcid.org/0000-0001-7117-3820>

Lima - Perú

2025

Informe de Similitud

TRABAJO FINAL

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
4	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%
5	buildingdigitaltwin.org Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unican.es Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1%
8	wn.com Fuente de Internet	<1%
9	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to uni Trabajo del estudiante	<1%
11	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1%

Tabla de contenido

Índice de tablas.....	6
Índice de Figuras.....	7
Índice de ecuaciones	8
RESUMEN EJECUTIVO	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	30
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	54
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	86
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
Bibliografía	103
ANEXOS	108

Índice de tablas

Tabla 1	27
Tabla 2	61
Tabla 3	62
Tabla 4	63
Tabla 5	67
Tabla 6	71
Tabla 7	86
Tabla 8	88
Tabla 9	90
Tabla 10	92

Índice de Figuras

Figura 1	14
Figura 2	16
Figura 3	17
Figura 4	22
Figura 5	23
Figura 6	24
Figura 7	25
Figura 8	25
Figura 9	26
Figura 10	26
Figura 11	59
Figura 12	60
Figura 13	65
Figura 14	68
Figura 15	74
Figura 16	75
Figura 17	76
Figura 18	77
Figura 19	79
Figura 20	81
Figura 21	84
Figura 22	93
Figura 23	94
Figura 24	95
Figura 25	97

Índice de ecuaciones

Ecuación 1	46
Ecuación 2	46
Ecuación 3	51
Ecuación 4	52
Ecuación 5	52
Ecuación 6	78
Ecuación 7	80

RESUMEN EJECUTIVO

La experiencia profesional se desarrolló en el diseño de la canalización y el cableado del Sistema de Gestión de Edificios (BMS) de la Estación 10 de la Línea 2 del Metro de Lima, con el objetivo de optimizar recursos cumpliendo normas y criterios del cliente. El punto de partida presentó brechas de información (sin planos de canalización, cambios en la arquitectura de control y solo listado de señales y plano de arquitectura), bandejas de señal ya instaladas y plazos comprimidos por frentes paralelos.

El trabajo se organizó en tres frentes, diseño técnico, selección de cables según tipo de señal y reglas del cliente, dimensionamiento por tablero y cálculo de ocupación de bandejas y tuberías; documentación constructiva, planos de planta y detalles, memoria descriptiva y especificaciones técnicas y gestión del cronograma, capacitación breve y estandarización del flujo de emisión con ventana de revisión, responsables y evidencias.

Los resultados mostraron mejoras sustanciales en tres indicadores: el índice de agrupamiento intra-BMS (Sistema de Gestión de Edificios) pasó de 10,6 % a 32,5 %, el índice de eficiencia de rutas de 4,59 % a 29,05 %, y el cumplimiento del cronograma de 50 % a 80 %. En conjunto, el diseño consolidó troncales compartidos, redujo recorridos, metrado, y mejoró la puntualidad de entregas, dejando planos y documentos trazables y un esquema de control replicable para otras estaciones. Se recomienda mantener la coordinación 3D (compatibilización en un modelo tridimensional), el checklist normativo y el seguimiento periódico de los indicadores para asegurar la sostenibilidad de los logros.

Palabras clave: Sistema de Gestión de Edificios (BMS); canalización; cableado; optimización de recursos; bandejas; tuberías; cronograma; diseño; Estación 10.

NOTA

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto** por determinación de los propios autores, en concordancia con el Texto Integrado del Reglamento RENATI (artículo 12), la Directiva N°048-2020-CONCYTEC-P que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto (ALICIA) administrado por el pliego Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC y la Ley N° 29733, Ley de Protección de Datos Personales.

Bibliografía

- ASHRAE. (2020). *BACnet—A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ANSI/ASHRAE Standard 135-2020.
- ASHRAE. (2023). *HVAC Applications*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook.
- ASHRAE. (2024). *Specifying Building Automation Systems*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Guideline 13.
- Autodesk. (2025). *New Features and UI Overview Videos*. Obtenido de help autodesk: <https://help.autodesk.com/view/ACD/2023/ENU/>
- Automation., L. &.–E. (19 de 02 de 2016). *Integrated Building Management System for Hyderabad Metro Rail*. Obtenido de <https://corpwebstorage.blob.core.windows.net/media/33403/integrated-building-management-system-for.pdf>
- Contreras Soto, F. A. (2020). *Guía para la implementación de smart building en hospitales y análisis del caso del nuevo Hospital del Salvador e Instituto Nacional de Geriátría en Santiago de Chile*. Obtenido de Repositorio Académico de la Universidad de Chile: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176389>
- Honeywell. (21 de Diciembre de 2021). *OPERATIONAL EXCELLENCE THROUGH SUPERIOR RELIABILITY*. Obtenido de Case Study: https://buildings.honeywell.com/content/dam/hbtbt/en/documents/downloads/Delhi-Metro-Rail-CS-1221_Final.pdf
- IEC. (2010). *IEC 61508:2010*. International Electrotechnical Commission.
- IEC 61131-3. (2013). Part 3: Programming languages. International Electrotechnical Commission. En IEC, *Programmable controllers*.

IEC 62439-2. (2016). Part 2: Media Redundancy Protocol (MRP). International Electrotechnical Commission. En IEC, *Industrial communication networks—High availability automation networks*.

Insulated Cable Engineers Association. (6 de Diciembre de 2021). *ANSI/NEMA WC 57/ICEA S-73-532-2021 Standard for Control, Thermocouple Extension, and Instrumentation Cables*. Virginia: National Electrical Manufacturers Association. Obtenido de https://www.nema.org/docs/default-source/standards-document-library/icea-s-73-532_nema-wc57_contents-and-scope.pdf?sfvrsn=6bfl2106_1

ISA. (2022). *ANSI ISA-5.1-2022 Instrumentation Symbols and Identification*. International Society of Automation.

ISO 16484-5:2022. (2022). Building automation and control systems (BACS). En *Part 5: Data communication protocol. International Organization for Standardization*.

ISO. (2017). Part 1: Overview and principles. En *ISO 13567-1:2017 Technical product documentation — Organization and naming of layers for CAD*. International Organization for Standardization.

ISO 9001. (2018). Part 1: Concepts and principles. ISO. En *ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM)*. International Organization for Standardization.

Kalyvas, M., & McCracken, A. (1 de Febrero de 2024). *Doha Metro Novel Building Automation and Control System (BACS)*. Obtenido de World Scientific: <https://www.worldscientific.com/doi/full/10.1142/S2424862223500343>

Karjalainen, A. (10 de Marzo de 2020). *SCADA Application Engineering in Metro and Railway Projects*. Obtenido de Metropolia University of Applied Sciences: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/333675/Karjalainen_Antti.pdf?sequence=2&isAllowed=y

- Modbus Organization. (26 de Abril de 2012). *MODBUS Application Protocol Specification, V1.1b3*. Obtenido de http://laurent.macherel.free.fr/ELT/essai_sys/Theme10/Modbus_doc_officielle.pdf
- Montalvo Morán, M. (2023). *Implementación de un Sistema de Gestión de Edificios (BMS) para la supervisión y monitoreo de los sistemas eléctricos y sistemas de climatización en un centro de datos*. Obtenido de ESPOL. FIEC: <https://dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/60615>
- National Fire Protection Association. (2022). *NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Code*. NFPA.
- NEMA BI 50016-2024 (VE2). (2024). *Cable Tray Installation Guidelines*. NEMA.
- NFPA 70. (2023). *National Electrical Code (NEC)*. National Fire Protection Association. NFPA.
- OSINERGMIN. (2011). *Código Nacional de Electricidad – Utilización (CNE-U)*. Perú: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería del Perú.
- OSITRAN. (2020). *Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Línea 1*. Obtenido de INFORME DE DESEMPEÑO 2020: <https://www.ositran.gob.pe/anterior/wp-content/uploads/2021/07/id-2020-linea-1-metro.pdf>
- PMI. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.)*. PMI. Project Management Institute.
- Riofrío Peña, L. (2021). *Desarrollo de un sistema de gestión para el control de iluminación y climatización en edificaciones, aplicado al edificio “Padre Juan Bottasso”*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana : <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21718>
- SEED, W. R. (2015). *Transforming Design and Construction: A Framework for Change*. Lean Construction Institute.

Sifuentes Grados, D. (24 de Noviembre de 2023). *Gestión de la producción de una estación de tren subterránea de la línea 2 del metro de Lima y Callao.*

Obtenido de alicia:

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_8b81c7120da562174516ae4435345775/Details

TIA. (2018). *ANSI/TIA-568.2-D*. Telecommunications Industry Association.

TIA. (2018). *ANSI/TIA-568.3-D*. Telecommunications Industry Association.

TIA. (2019). *ANSI/TIA/EIA-569*. Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones.

Turpo Anchapuri, E. (3 de Diciembre de 2020). *Aplicación de la metodología BIM para mejorar el desempeño de los procesos constructivos en la estación subterránea de la línea 2 del metro de Lima - 2020*. Obtenido de Renati: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/2414997>

Vital Ingenieros Consultores. (2024). *Vital Ingenieros Consultores*. Obtenido de https://vital.pe/wp-content/uploads/2024/09/Brochure-Vital-Ingenieros-2024_compressed.pdf