



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

**“Revisión comparativa bibliográfica de
cargadores inalámbricos respecto a su potencia real,
factor de rendimiento y emisiones/ruido
electromagnético”**

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Mecatrónico

Autor:

Juan Angel Javier Zamora Zevallos

Asesor:

Mg. Cesar Augusto Ciriaco Martínez

<https://orcid.org/0000-0002-2707-7521>

Lima - Perú

2025

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	OSCAR ARTURO VASQUEZ MENDOZA
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	MARCO ANTONIO DIAZ DIAZ
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	CESAR AUGUSTO CIRIACO MARTINEZ
	Nombre y Apellidos

Informe de Similitud



10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 5% Publicaciones
- 7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

A mis padres, hermanas, amigos y a
mí asesor por el apoyo y la confianza que
siempre me han brindado durante este
camino académico.

Agradecimiento

Agradezco a mi familia por
su acompañamiento constante.
Extiendo también mi gratitud a
todas aquellas personas que, de una
u otra forma, contribuyeron con su
apoyo, compañía o palabras para
que hoy este proyecto sea una
realidad.

Tabla de contenidos

JURADO EVALUADOR.....	2
Informe de Similitud.....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Índice de tablas	8
Índice de Figuras.....	9
Índice de Ecuaciones	11
Resumen	12
Palabras Claves	12
Abstract.....	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	14
1.3 Estado del arte sobre Carga Inalámbrica (Q_i/Q_{i2}) (potencia real, eficiencia y EMI/EMF)	20
3) Eficiencia energética	21
4) EMI/EMC: límites y métodos (CISPR 11 / FCC Part 18 / ANSI C63.4) ..	21
5) Exposición humana (EMF) y seguridad del usuario	22
6) Tendencias emergentes.....	22
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	37
CAPÍTULO III: RESULTADOS	50
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	60

REFERENCIAS	61
ANEXOS	64
Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	64
Anexo 2: Matriz de Operacionalización	66
Anexo 3: Instrumento	68
Anexo 4: Validación de Instrumento	69
Anexo 5: Tablero de metodología Kanban usado para el presente proyecto.....	70
Anexo 6: Croquis centro comercial	71
Anexo 7: Fase de test en un Centro Comercial.....	72

Índice de tablas

Tabla 1. Instrumento de recolección de datos.....	43
Tabla 3. Resultado de la dimensión Exactitud (%) en las pruebas realizadas ...	57
Tabla 4. Resultado de la dimensión Precisión (%) en las pruebas realizadas ...	58
Tabla 5. Resultado de la dimensión Recall (%) en las pruebas realizadas	59

Índice de Figuras

- Figura 1.** El espectro electromagnético ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura 2.** Interacción de la radiación electromagnética ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura 3.** Representación de un píxel ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.** Procesamiento de imágenes ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura 5.** *Representación del procesamiento de imágenes* ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.** Visión computacional aplicado a una placa ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura 7.** Proceso Visión computacional ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura 8.** Matriz de confusión..... ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura 9.** Matriz de confusión del proyecto..... ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura 10.** Diseño de dispositivo de adquisición de datos, vista posterior ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura 11.** Diseño de dispositivo de adquisición de datos, vista frontal ... ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura 12.** Dispositivo de adquisición de datos . ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura 13.** Uso correcto del dispositivo de adquisición de datos ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura 14.** Flujograma del modelo de IA ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura 15.** Interfaz de roboflow para el etiquetado del dataset ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura 16.** Modelos Detect preentrenados ;**Error! Marcador no definido.**

Figura 17. Entrenamiento del modelo de reconocimiento del entorno YoloV11	¡Error! Marcador no definido.
Figura 18. Flujograma a nivel macro del modelo de IA colaborativo.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 19. Interfaz de Roboflow con dataset etiquetado para detección de locales comerciales.....	50
Figura 20. Generación de código resultante del proceso de etiquetado del dataset.....	51
Figura 21. Resultado del entrenamiento del modelo de YoloV11 en Google Colab.....	52
Figura 22. Matriz de confusión normalizada.....	53
Figura 23. Curvas de rendimiento del modelo YoloV11 durante el entrenamiento y la validación.....	54
Figura 24. Resultados reconocimiento del entorno en visual studio code.....	56

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Fórmula para el porcentaje de exactitud cuando los reconocimientos sean correctos en ambas clases. Fuente: autoría propia..... **¡Error! Marcador no definido.**

Ecuación 2. Fórmula para el porcentaje de precisión cuando el reconocimiento sea correcto en la clase X. Fuente. Autoría propia. **¡Error! Marcador no definido.**

Ecuación 3. Fórmula para el porcentaje de recall, porcentaje de elementos reconocidos respecto a la clase “X” total. Fuente. Autoría Propia. **¡Error! Marcador no definido.**

Ecuación 4. porcentaje de tasa de error. **¡Error! Marcador no definido.**

Resumen

Esta revisión comparativa bibliográfica analiza el desempeño de cargadores inalámbricos comerciales bajo el estándar Qi, con énfasis en potencia real entregada, factor de rendimiento (eficiencia de transferencia de potencia, ETP) y emisiones/ruido electromagnético (EMI). Se efectuó una búsqueda estructurada en bases como Web of Science, Scopus y Google Scholar (última década), incorporando artículos de investigación, reportes técnicos y normas pertinentes. Los criterios de inclusión priorizaron estudios con mediciones reproducibles de potencia/eficiencia y caracterización de EMI, y se excluyeron pruebas propietarias sin trazabilidad metodológica. De cada fuente se extrajeron métricas comparables (potencia útil vs. nominal, $ETP = P_{out}/P_{in}$, bandas y niveles de EMI), así como condiciones de prueba (alineación, distancia, espesores de carcasa, disipación térmica) para interpretar la variabilidad entre modelos. El análisis sintetiza tendencias y compromisos reportados entre potencia efectiva, eficiencia y perfil de EMI, así como brechas entre potencia declarada y observada. La revisión identifica prácticas de diseño y uso que optimizan la ETP y mitigan EMI, y propone un conjunto mínimo de métricas comparables para futuras evaluaciones. Los hallazgos ofrecen criterios objetivos para la selección informada de cargadores inalámbricos y orientan recomendaciones de diseño y seguridad.

Palabras Claves

Carga inalámbrica; Potencia entregada; Eficiencia de transferencia de potencia (ETP); Interferencia electromagnética (EMI); Revisión comparativa.

Abstract

This comparative literature review examines the performance of commercial Qi wireless chargers, focusing on actual delivered power, performance factor (expressed as power transfer efficiency PTE) and electromagnetic interference (EMI). A structured search across Web of Science, Scopus, and Google Scholar (last decade) included peer-reviewed articles, technical reports, and relevant standards. Inclusion criteria emphasized reproducible power/efficiency measurements and EMI characterization; proprietary tests without methodological transparency were excluded. From each source we extracted comparable metrics (useful vs. rated power, $PTE = P_{out}/P_{in}$, EMI bands/levels) and test conditions (alignment, gap, case thickness, thermal handling) to interpret variability across models. The synthesis highlights reported trends and trade-offs among effective power, efficiency, and EMI profiles, as well as gaps between rated and observed performance. The review identifies design and usage practices that improve PTE while mitigating EMI and proposes a minimal set of comparable metrics for future assessments. Findings provide objective criteria for informed selection of wireless chargers and guide design and safety recommendations.

Keywords:

Wireless charging; Delivered power; Power transfer efficiency (PTE);
Electromagnetic interference (EMI); Comparative review.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

La adopción de cargadores inalámbricos Qi y afines en teléfonos y dispositivos inalámbricos continúa creciendo; sin embargo, la evidencia comparativa muestra penalizaciones energéticas frente al cargador alámbrico. En una medición reciente con equipos comerciales, los cargadores inalámbricos consumieron, en promedio, 2.4 veces más energía en 24 h que los cableados (Patterson et al., 2024a)

Estudios experimentales previos con smartphones confirman esa menor eficiencia global, mayores tiempos de carga y mayor consumo cuando se usa carga inalámbrica (por ejemplo 206 min vs. 86 min y 2.7 W vs. 2 W en reposición a batería llena), lo que eleva el gasto energético acumulado si el usuario deja el teléfono en la base tras alcanzar 100% (Bekaroo & Seem, 2016).

A nivel de uso doméstico, la carga en espera y el “standby” y “off-mode” de los cargadores aportan un consumo no trivial y persistente, reconocido como foco de desperdicio eléctrico y objetivo regulatorio; esto exige medir explícitamente estados como no-batería, mantenimiento y red en las comparaciones (Gheorghe et al., 2025).

Desde el desempeño electromagnético, la desalineación y el posicionamiento influyen fuertemente en la potencia entregada y la eficiencia, y las soluciones para tolerarla implican compromisos de diseño (por ejemplo, bobinas auxiliares, canales duales), relevantes al comparar modelos comerciales (Ramakrishnan et al., 2024).

Por último, existen riesgos de compatibilidad electromagnética (EMI) y posibles interferencias clínicas: sistemas Qi pueden inyectar ruido conducido común hacia cables

cercanos (Wu et al., 2021), y magnetos de alineación en cargas inalámbricas han mostrado interferir con CIEDs (marcapasos/desfibriladores) en condiciones de cercanía (Nadeem et al., 2021). Estos aspectos justifican incluir emisiones/ruido electromagnético como métrica comparativa clave.

En suma, el contexto evidencia:

- 1) Mayor consumo energético y sensibilidad operacional (alineación, carcasa, posición).
- 2) Consumo en reposo medible y relevante.
- 3) Exigencias de compatibilidad electromagnética.

Todo ello justifica un estudio bibliográfico comparativo de cargadores inalámbricos que reporte potencia real entregada, eficiencia/energía 24 h, consumo en no-batería/standby y emisiones/ruido EMI con trazabilidad a fuentes indexadas.

Desde el punto de vista de su impacto ambiental

Mayor energía por ciclo de uso. Los estudios comparativos reportan que los cargadores inalámbricos consumen, en promedio, 2.4 veces más energía en 24 h que los cableados, por pérdidas de transferencia y consumo de mantenimiento, incrementando la huella energética agregada del ecosistema móvil.(Patterson et al., 2024b)

Consumo en modo espera (standby). Donde la literatura de eficiencia residencial identifica el standby como un foco persistente de desperdicio y recomienda medir explícitamente estados de no carga y mantenimiento para reducir el impacto ambiental. (Gheorghe et al., 2025)

Compatibilidad electromagnética (EMI). Los sistemas de transferencia inductiva pueden inyectar ruido conducido y radiado, exigiendo mitigaciones de diseño y verificación para evitar emisiones innecesarias (impacto indirecto en re-trabajos/desechos). (Wu et al., 2021)

Desde el punto de vista de su impacto económico

Coste energético para el usuario. La menor eficiencia y el mayor consumo en mantenimiento/standby elevan la factura eléctrica frente a cargadores cableados, sobre todo en hábitos de dejar el teléfono en la base por horas.(Patterson et al., 2024a)

Eficiencia \neq precio: los datos muestran que pagar más no garantiza menor consumo; hay cargadores inalámbricos más eficientes y baratos que otros de alta gama, lo que refuerza la necesidad de métricas comparables para compras informadas. (Patterson et al., 2024a)

Desde el punto de vista de su Impacto metodológico

Heterogeneidad de métodos: la evidencia utiliza configuraciones dispares (alineación, distancia, espesor de carcasa, topologías), lo que dificulta la comparación directa de potencia útil, eficiencia (PTE) y perfil EMI entre modelos. Revisión de estado del arte sugiere normalizar condiciones y métricas. (Van Mulders et al., 2022)

Métricas críticas a armonizar:

- a) Potencia entregada vs. nominal,
- b) $PTE = P_{out}/P_{in}$ bajo escenarios de desalineación,
- c) Energía en 24 horas (incluyendo standby),

d) EMI conducida/radiada en bandas relevantes. La evidencia de EMI en móviles y los hallazgos de interferencia magnética clínica (MagSafe–CIEDs) subrayan la urgencia de protocolos comparables. (Wu et al., 2021)

Buenas prácticas instrumentales. La literatura de metrología en standby (calibración/ensayo) enfatiza trazabilidad y exactitud para potencias bajas, clave si se buscan diferencias reales entre cargadores. (Budovsky & Georgakopoulos, 2012)

1.2 Marco Teórico

La transferencia de potencia inalámbrica (WPT) para dispositivos móviles se basa, en su forma más difundida, en el acoplamiento inductivo entre un transmisor (pad) y un receptor (teléfono). La potencia transferida y la eficiencia del sistema dependen del coeficiente de acoplamiento (k), los factores de calidad (Q) de las bobinas y la compensación resonante del enlace; pequeñas variaciones en alineación y distancia (gap) producen cambios notables en la potencia efectiva que llega a la batería y en las pérdidas térmicas asociadas. La literatura de revisión describe estos principios, topologías de compensación y su impacto en rendimiento y control electrónico (rectificación, DC-DC, FOD), proporcionando el sustento teórico para comparar tecnologías y condiciones de ensayo. (Detka & Górecki, 2022)

Sobre esta base, la especificación Qi del Wireless Power Consortium (WPC) ha evolucionado hacia Qi2, que introduce el Magnetic Power Profile (MPP): un anillo de imanes que fuerza la alineación entre bobinas, reduce la descentración y, con ello, las pérdidas de acoplamiento. Esta mejora busca incrementar la eficiencia energética y sostener mayor potencia de carga frente a Qi “clásico”. En 2023 se anunció Qi2 (v2.0) y, más recientemente, WPC lanzó Qi2 25 W (v2.2.1), elevando el límite de potencia

certificado —con énfasis en eficiencia y seguridad— y posicionando la alineación magnética como rasgo distintivo del estándar moderno.(www.wirelesspowerconsortium.com, 2023)

La eficiencia de un cargador puede definirse con distintas fronteras de medida. Para evaluar el desempeño “real” percibido por el usuario y el impacto energético, la frontera más informativa es energía desde la toma de corriente hasta la energía almacenada (batería), superior en relevancia a métricas parciales como DC a DC entre bobinas. Esta elección evita sobreestimar el rendimiento al omitir pérdidas de rectificación, conversión y control térmico, y es la base para comparaciones justas entre cargadores inalámbricos y cableados. La revisión académica en WPT respalda esta distinción metodológica al enfatizar la relación entre condiciones de operación, pérdidas de conversión y eficiencia global del sistema. (Detka & Górecki, 2022)

En materia de compatibilidad electromagnética (EMC), los cargadores WPT domésticos se evalúan como equipos ISM bajo CISPR 11, que define límites y métodos de medición para perturbaciones RF desde 9 kHz hasta 400 GHz (con especial atención a 150 kHz–30 MHz en emisiones conducidas para entornos residenciales, Clase B). La versión vigente describe alcance, clases y procedimientos, sirviendo como marco para interpretar espectros medidos en laboratorio y su comparabilidad entre productos. Para la metodología de ensayo (configuración del sitio, antenas, detectores QP/AVG, barridos y BW de medición), se adopta ANSI C63.4 como norma de referencia de la FCC para emisiones radiadas y conducidas de equipos de baja tensión (9 kHz–40 GHz). Estos documentos delinearán cómo medir y reportar EMI de forma reproducible, lo que resulta crucial para tu eje comparativo de emisiones/ruido. CISPR 11-24

Respecto a exposición humana (EMF), las Guías ICNIRP 2020 establecen límites de referencia y restricciones básicas para 100 kHz a 300 GHz, rango que cubre las frecuencias de operación típicas de Qi/Qi2 (centenas de kHz). Estas guías que reemplazan partes de las versiones de 1998/2010 proveen el sustento para evaluar seguridad del usuario en escenarios de uso real (carga activa y standby, distintos separadores/carcasa). En la interpretación de resultados, la revisión contrastará campos eléctricos y magnéticos medidos o modelados con dichos límites, especificando modo operativo y distancia, para asegurar comparabilidad y relevancia sanitaria. (Ziegelberger et al., 2020)

En síntesis, este marco teórico articula:

fundamentos físico-electrónicos del enlace inductivo resonante (k , Q , compensación y control) que determinan potencia real y eficiencia;

la evolución del estándar ($Q_i \rightarrow Q_i2/MPP$ y Q_i2 25 W) cuyo propósito explícito es mejorar alineación y eficiencia;

la terminología metrológica para comparar AC hacia batería frente a métricas parciales;

los marcos normativos (CISPR 11/ANSI C63.4) y sanitarios (ICNIRP 2020) que permiten juzgar emisiones y exposición con criterios aceptados internacionalmente. Este andamiaje justifica el problema de investigación sobre la opacidad y variabilidad en potencia efectiva, rendimiento y EMI/EMF reportados y sustenta la necesidad de una revisión comparativa que normalice métricas y condiciones para informar diseño, regulación y decisiones de consumo. (Wireless Power Consortium, 2025)

Tabla de variables e indicadores

Variable	Definición operativa	Dimensiones/Indicadores	Escala / Unidad	Referente metodológico
Potencia real a batería (Wbat)	Potencia media en meseta de carga (excluye ramp-up y fin de CV)	W estable, energía 0–50% / 20–80% SoC	W / Wh	Fundamentación de WPT y control de conversión; énfasis en alineación (Qi2/MPP). (Detka & Górecki, 2022)
Eficiencia del sistema (η AC→batería)	$n = E_{batería}/E_{toma}$ en ciclo definido	Wh a batería, Wh de pared; temperatura; alineación/gap; carcasa	%	Relevancia práctica/energética de la frontera AC a batería. (Detka & Górecki, 2022)
Emisiones EMI	Cumplimiento de límites de CISPR 11 (Clase B, hogar)	Conducidas 150 kHz–30 MHz (QP/AVG), radiadas; condiciones y detectores	dB μ V / dB μ V/m	Límites y métodos normalizados para ISM; reporte reproducible.(CISPR 11, 2024)
Exposición EMF	Comparación con ICNIRP 2020 para 100 kHz a 300 GHz	Campo E (V/m), campo H (A/m); distancia; modo activo/standby	V/m, A/m	Evaluación sanitaria y márgenes de seguridad. (Ziegelberger et al., 2020)
Generación tecnológica	Perfil de estándar implementado	Qi “clásico” (BPP/EPP) vs Qi2/MPP; Qi2 25 W	Categoría	Evolución del estándar y objetivo de eficiencia por alineación magnética. (Wireless Power Consortium, 2025)

1.3 Estado del arte sobre Carga Inalámbrica (Qi/Qi2) (potencia real, eficiencia y EMI/EMF)

1.3.1 Fundamentos y desempeño de transferencia de potencia inalámbrica WPT (inductivo resonante)

La potencia y la eficiencia dependen de acoplamiento (k), Q de bobinas, compensación y control (rectificación/DC-DC). La sensibilidad a desalineación y al gap explica caídas de potencia sostenida y pérdidas térmicas. Revisiones recientes sintetizan estos determinantes y proponen rutas de optimización. (Abuajwa et al., 2025)

Brechas. Falta metrología homogénea que reporte AC hacia la batería (no solo lazo bobina-a-bobina), con trazabilidad de temperatura, carcasa y perfil de carga.

2) Evolución del estándar: Qi → Qi2 (MPP magnético) y salto a 25 W

Qi2 introdujo alineación magnética (Magnetic Power Profile, MPP) para reducir desalineación y mejorar eficiencia; en 2025 se oficializó Qi2 25 W, con promesa de aproximadamente 70% más potencia que el Qi2 original (15 W) y oleada de productos certificados. (Wireless Power Consortium, 2025)

Brechas. Evidencia académica comparativa Qi vs. Qi2 (15 W) vs. Qi2 25 W en condiciones controladas equivalentes aún es escasa; adopción en smartphones está en despliegue y fragmentada, dificultando series comparables. (Dominic Preston, 2025)

3) Eficiencia energética

Para uso real y política energética, la métrica más informativa es AC hacia batería (energía desde la pared a la batería) en un ciclo definido; evita sobreestimar η al omitir pérdidas de conversión/gestión térmica. Las revisiones subrayan estandarizar esta frontera. (Abuajwa et al., 2025)

Brechas. Pocos estudios publican energía Wh a batería y Wh desde la toma con perfiles 20 - 80% SoC, temperatura controlada y replicabilidad.

4) EMI/EMC: límites y métodos (CISPR 11 / FCC Part 18 / ANSI C63.4)

Los cargadores WPT domésticos se tratan como ISM: CISPR 11 fija límites y métodos (conductidas típicamente 150 kHz–30 MHz, detectores QP/AVG); la FCC remite a ANSI C63.4 y a guías KDB específicas para WPT. Notas técnicas y revisiones describen concordancia entre normas y el enfoque de medición. (Applications, n.d.)

Brechas. Persisten inconsistencias de reporte (BW, detector, distancias, modo standby/activo). Falta banco de datos comparables de espectros 150 kHz–30 MHz bajo escenarios equivalentes.

5) Exposición humana (EMF) y seguridad del usuario

ICNIRP 2020 actualiza límites de referencia y restricciones básicas para 100 kHz–300 GHz, cubriendo frecuencias típicas de Qi/Qi2. Constituye el marco para interpretar mediciones/estimaciones de campos E/H cerca del usuario.(Ziegelberger et al., 2020)

Brechas. Pocas mediciones publicadas de EMF “cerca del cuerpo” con Qi2 magnético (con/sin carcasa, diferentes gaps) y análisis de márgenes frente a ICNIRP, diferenciando modo activo vs. standby.

6) Tendencias emergentes

Se exploran algoritmos “smart WPT” (control adaptativo/IA) para mitigar misalineación y optimizar η en tiempo real, con promesa de mejor potencia sostenida. (Bin Hassan, 2025)

Brechas. Traslación de estas técnicas a cargadores de consumo (smartphones) y su impacto en EMI/EMF aún no documentados con protocolos normalizados.

Tabla de estado de arte comparativo

Eje	Qué reporta la literatura	Estado de estandarización	Brecha (qué falta)
Potencia real	Potencia estable depende de alineación/gap y gestión térmica; Qi2 mejora repetibilidad por imanes. (Wireless Power Consortium)	Parcial (perfil de potencia suele mostrarse, pero no siempre a nivel batería)	Series controladas Qi vs Qi2 (15/25 W) con idénticas condiciones y curvas W-T completas.
Eficiencia (η)	Se usan fronteras dispares; recomendación: AC→batería para relevancia práctica. (SpringerLink)	Baja-media (falta consenso operativo en papers de consumo)	Publicar Wh pared ↔ Wh batería, T°, carcasa y SoC con incertidumbre.
EMI (CISPR 11)	Conducidas 150 kHz–30 MHz, radiadas según C63.4; guías FCC/KDB para WPT. (ti.com)	Alta en norma, baja en reporte homogéneo	Espetros comparables (QP/AVG), distancia/fixture y modo (activo/standby) documentados.
EMF (ICNIRP 2020)	Límites actualizados 100 kHz–300 GHz para evaluar seguridad del usuario. (icnirp.org)	Alta (marco sanitario claro)	Medidas near-field en uso real con Qi2 magnético y distintos accesorios.
Adopción Qi2 25 W	WPC lanza Qi2 25 W; ola de productos certificados en 2025; adopción móvil avanza. (Wireless Power Consortium)	—	Ensayos independientes y comparativos de η /EMI/EMF en Qi2 25 W.

1.4 Marco para la metodología de revisión sistemática

Metodología 1: Revisión Sistemática Académica (PRISMA 2020 adaptada a ingeniería)

Como objetivo se requiere capturar artículos revisados sobre potencia real, eficiencia (AC a batería) y EMI/EMF en WPT (Qi/Qi2)

Alcance, fuentes y criterios

Sección	Ítem	Detalle
Alcance y fuentes	Bases	IEEE Xplore; Scopus; Web of Science; ScienceDirect; MDPI; SpringerLink
	Periodo	2015–2025 (prioridad 2023–2025 para Qi2)
	Tipos de documento	Artículos originales; Revisiones; Actas de congreso con mediciones o métodos trazables

Criterios	Inclusión	Reporta ≥ 1 de: (a) potencia a batería o energía (Wh); (b) eficiencia con frontera explícita; (c) EMI (150 kHz–30 MHz) o EMF (≥ 100 kHz)
	Exclusión	Simulaciones sin validación experimental; patentes sin datos de prueba; material de marketing

Estrategia de búsqueda (ejemplos de palabras claves)

Nº	Cadena de búsqueda
1	(wireless power transfer OR inductive charging OR Qi OR Qi2) AND (efficiency OR "AC to battery" OR energy) AND (measurement OR experiment)
2	("Qi2" OR "Magnetic Power Profile" OR MPP) AND (alignment OR misalignment) AND (efficiency OR loss)
3	(CISPR 11 OR FCC Part 18) AND (wireless charger OR WPT) AND ("conducted emissions" OR "150 kHz–30 MHz")
4	(ICNIRP 2020) AND (wireless charging OR Qi) AND (exposure OR "A/m" OR "V/m")

Proceso (paso a paso)

- Búsqueda en cada base con filtros por año/idioma (EN/ES/PT). Se exporta RIS/BibTeX.
- Gestor (Mendeley): importa y deduplica (título+DOI+autor).
- Selección rigurosa sobre título/abstract con criterio.
- Verificar frontera de eficiencia (preferida AC a batería) y método EMI/EMF.
- Extracción en matriz.
- Calidad: claridad de método, repetibilidad, instrumentación, reporte de incertidumbre, sesgos.
- Síntesis: mapa temático + tablas comparativas; si ≥ 5 estudios homogéneos por métrica, síntesis cuantitativa descriptiva.

Plantillas

a) Log de búsqueda

Base	Cadena	Filtros	Fecha	Hits	Exportado (sí/no)
IEEE Xplore	...	2015–2025	2025-10-24	132	Sí

b) Matriz de extracción

Autor (Año)	Perfil (Qi/Qi2)	Setup (teléfono/pad/gap)	Wbat	η (frontera)	EMI (150 kHz–30 MHz, QP/AVG)	EMF (V/m, A/m, dist.)	Térmica	Limitaciones	DOI/URL
----------------	--------------------	-----------------------------	------	----------------------	---------------------------------------	--------------------------------	---------	--------------	---------

c) Juicio de calidad (0 - 2 c/u; total /12)

- Frontera definida | Control térmico | Alineación declarada | Instrumentación | Repetibilidad | Análisis incertidumbre

Entregables. Lista depurada (CSV), tabla de evidencias, diagrama PRISMA, anexo con cadenas y decisiones.

Metodología 2: Minería de Estándares y Expedientes Regulatorios

(Normativo/Regulatorio)

El propósito es reunir normas, guías y ensayos oficiales para sustentar EMI/EMC y EMF y contextualizar eficiencia desde conformidad.

Fuentes normativas, regulatorias y técnicas.

Fuente	Tipo / Organismo	Ámbito / Qué aporta	Uso en la tesis	Acceso / Notas
CISPR 11	Norma IEC	EMC para equipos ISM; límites y métodos (conducidas 150 kHz–30 MHz; radiadas)	Comparar EMI medida vs. límites Clase B (hogar)	Edición vigente vía IEC; citar versión/año

“Revisión comparativa bibliográfica de cargadores
Inalámbricos respecto a su potencia real, factor de rendimiento y
emisiones/ruido electromagnético”

ANSI C63.4	Norma ANSI/IEEE	Procedimientos de medición de emisiones radiadas/conducidas (9 kHz–40 GHz)	Detallar setup de ensayos (distancia, antenas, detectores QP/AVG, BW)	Adquirir norma; consignar sección aplicada
FCC Part 18 + KDB	Regulación FCC + guías	Requisitos para WPT ISM; criterios de autorización y ensayo	Verificar conformidad y parámetros exigidos por FCC	KDBs en línea; citar ID/versión
ICNIRP 2020	Guía científica	Límites de exposición humana (EMF) en 100 kHz–300 GHz	Contrastar V/m y A/m medidos vs. límites; calcular margen	Descarga pública; indicar tablas de referencia
OET FCC – Equipment Authorization Search	Repositorio de expedientes	Test Reports de laboratorio con tablas de EMI, fotos y setups	Extraer resultados reales de cumplimiento por modelo	Buscar por FCC ID o marca/modelo; PDFs descargables
WPC (Qi/Qi2)	Especificaciones/portal	Specs, releases, base de productos certificados	Identificar perfiles (Qi, Qi2 15/25 W), alineación MPP	Verificar versión de spec y fecha de release

Estrategia de localización (términos y uso)

Recurso / Fuente	Término de búsqueda sugerido	Objetivo de la búsqueda	Qué extraer / Registrar	Nota operativa
CISPR 11 (IEC)	"CISPR 11 Class B conducted emissions 150 kHz–30 MHz"	Localizar límites/métodos para equipos ISM en entorno doméstico	Límites (dB μ V), banda, detector (QP/AVG), condiciones de ensayo, clase	Anotar edición/fecha exacta de la norma

“Revisión comparativa bibliográfica de cargadores Inalámbricos respecto a su potencia real, factor de rendimiento y emisiones/ruido electromagnético”

ANSI C63.4 (ANSI/IEEE)	"ANSI C63.4 measurement setup 9 kHz–40 GHz"	Detalles del setup de medición radiada/conducida	Distancia, antenas/LISN, BW, detectores, incertidumbre	Registrar secciones aplicadas en cada estudio
FCC KDB / Part 18	"FCC KDB WPT Part 18 authorization"	Criterios y guías para autorización de WPT	Requisitos de prueba, interpretaciones, versiones KDB	Guardar ID KDB y versión
ICNIRP 2020	"ICNIRP 2020 guidelines 100 kHz"	Límites de exposición (100 kHz–300 GHz)	Tablas de referencia (V/m, A/m), condiciones de evaluación	Citar figuras/tablas usadas
WPC (Qi/Qi2)	"Qi2 specification Magnetic Power Profile"	Especificaciones Qi2, MPP, potencias (15/25 W)	Requisitos de alineación/eficiencia, versiones de la spec	Verificar versión (v2.x) y fecha
FCC OET – Equipment Authorization	Buscar por marca/modelo de pads populares	Hallar Test Reports oficiales	Tablas de emisiones, BW/detectores, distancias, fotos de setup, conclusión de cumplimiento	Buscar por FCC ID (Grantee/Product Code)

Proceso (paso a paso)

Paso	Acción	Detalle / Herramienta	Entregable
1	Definir alcance	Lista de fuentes (CISPR 11, ANSI C63.4, FCC Part 18/KDB, ICNIRP 2020, WPC, OET)	Plan de búsqueda con fechas
2	Ejecutar búsquedas normativas	Usar términos exactos de la tabla 1	Carpeta /30_NORMAS con PDFs y registro de versión
3	Consultar ICNIRP 2020	Descargar guías y tablas	Hoja Límites EMF con V/m y A/m por frecuencia

4	Revisar WPC (Qi/Qi2)	Ver specs, releases, base de productos	Ficha Qi/Qi2 (perfiles, potencia, MPP, versión)
5	OET FCC – Búsqueda por equipos	Buscar por marca/modelo o FCC ID; filtrar por categoría	Descarga de Test Reports (PDF)
6	Extraer datos clave de OET	Límites, mediciones (dB μ V), BW, detector, distancia, fotos	Tabla Expedientes FCC (por modelo)
7	Normalizar campos	Unificar unidades (dB μ V, V/m, A/m), detector (QP/AVG), distancias	Diccionario de variables y unidades
8	Verificar vigencia	Confirmar edición/año de normas y versión de KDB	Bitácora de vigencia (con fecha de acceso)
9	Trazabilidad	Registrar fuente, término usado, fecha, ruta del archivo	Log de búsqueda (CSV)
10	Integración a la tesis	Mapear límites/métodos a resultados de estudios	Sección Métodos EMI/EMF con citas normalizadas

Plantillas

a) Extracto normativo

Documento	Versión/fecha	Ámbito	Parámetros clave	Cómo se usa en la tesis
CISPR 11	Ed. X (año)	ISM, Clase B	150 kHz–30 MHz, QP/AVG, límites	Marco de comparación de EMI

b) Extracto FCC (por equipo)

Marca/Modelo	FCC ID	Modo (activo/standby)	Conducidas (dB μ V)	Radiadas	Cumple (S/N)	Observaciones
--------------	--------	-----------------------	-------------------------	----------	--------------	---------------

Calidad/validez. Documentos primarios y oficiales; verificar vigencia y aplicabilidad (hogar/Clase B). Para expedientes, confirmar laboratorio acreditado.

Entregables. Carpeta normativa (PDFs), tabla de límites y métodos, tabla FCC con evidencias, citas normalizadas.

Metodología 3: Mapeo de “Grey Literature” Técnico-Industrial + Snowballing

Capturar informes técnicos, whitepapers, notas de aplicación, blogs de laboratorio independiente, reviews con mediciones (cuando describen método) y documentación WPC/industria sobre eficiencia/potencia/EMI, y ampliar la red de citas mediante búsqueda hacia atrás (backward) y hacia adelante (forward).

Fuentes (literatura gris y técnica)

Tipo de fuente	Ejemplos	¿Qué extraer?	Notas de inclusión
Notas de aplicación	TI, NXP, ST, ADI	Método de medición, instrumentos, condiciones (alineación, gap, carcasa, T°), métricas (W, Wh, dB μ V, V/m, A/m)	Incluir solo si describen metodología explícita y equipos usados
Whitepapers de fabricantes	Apple, Samsung, Belkin, Anker, etc.	Procedimiento experimental, curvas potencia–tiempo, eficiencia AC→batería, gestión térmica	Excluir material promocional sin datos o sin método
Laboratorios independientes	Mediciones de eficiencia/temperatura publicadas en blogs o informes	Protocolos, fotos de setup, incertidumbre, espectros 150 kHz–30 MHz	Verificar trazabilidad (instrumentos y configuración)
Preprints	arXiv, HAL, TechRxiv	Diseño experimental, resultados cuantitativos, limitaciones	Señalar estado preprint; priorizar si el método es claro
Google Scholar (cita directa)	Búsquedas de documentos técnicos con citas	Identificar versiones con mayor detalle metodológico	Cruce con otras fuentes para corroborar datos
WPC (sitio corporativo)	FAQs, overviews, base de productos	Especificaciones Qi/Qi2, MPP, niveles de potencia, notas de eficiencia	Registrar versión/fecha de la spec y del documento
Blogs técnicos con protocolo	iFixit Labs, EEVblog, etc.	Pasos de medición, parámetros, resultados repetibles	Solo si incluyen protocolo claro y mediciones verificables

Crterios y marco de calidad (AACODS)

Dimensión	Pregunta guía	Puntuación (0–2)	Regla práctica
Authority	¿Quién publica? ¿Tiene competencia técnica verificable?	0=desconocida; 1=parcial; 2=autoridad clara	Ver credenciales/afiliación y experiencia
Accuracy	¿El método y los datos son precisos/verificables?	0=sin método; 1=parcial; 2=metodología completa	Debe indicar instrumentos y procedimiento
Coverage	¿La cobertura es suficiente y relevante al tema?	0=escasa; 1=moderada; 2=amplia	Incluye condiciones (alineación, gap, carcasa, T°)
Objectivity	¿Hay sesgo comercial? ¿Se declaran limitaciones?	0=sesgo evidente; 1=parcial; 2=objetivo	Preferir informes con limitaciones y datos crudos
Date	¿Actualidad (2015–2025; prioridad 2023–2025)?	0=obsoleto; 1=intermedio; 2=reciente	Registrar fecha y versión del documento
Significance	¿Aporta datos clave (W, Wh, dBµV, V/m, A/m)?	0=no; 1=parcial; 2=claro	Debe aportar métricas cuantitativas
Total (0–12)	Suma de dimensiones	≥8 = Apto	<8: usar con cautela o excluir

Estrategia de búsqueda

- ("Qi2" OR "Magnetic Power Profile") AND (efficiency OR alignment) site:ti.com OR site:nxp.com OR site:st.com
- ("wireless charger" AND "conducted emissions" AND "150 kHz" AND "QP")
- "AC to battery efficiency" AND (wireless charging OR Qi) filetype:pdf
- **Snowballing:** desde 10 artículos/papers semilla, revisa referencias citadas y citas que los mencionan (Google Scholar “Citado por”).

Proceso (paso a paso)

- Identificación: recoger 20–40 documentos técnicos relevantes (con método).
- Screening AACODS: descartar marketing sin método.
- Extracción (misma matriz de Metodología 1; marca fuente como “gris”).
- Normalización: convertir a AC→batería cuando sea posible; si solo hay DC→DC, marcar “frontera parcial”.
- Triangulación: comparar resultados “grises” con pares revisados (Metodología 1) y expedientes (Metodología 2); si convergen, aumenta confianza.

Entregables. Tabla AACODS, matriz de datos, lista priorizada (top-10) para discusión/justificación práctica.

Opción elegida Metodología 1: Revisión Sistemática Académica (PRISMA 2020 adaptada)

Es la mejor opción por los siguientes aspectos:

- **Máxima validez y trazabilidad para una tesis**
 - PRISMA impone un flujo transparente (identificación → cribado → elegibilidad → inclusión) con registros y criterios explícitos. Eso te da rigurosidad metodológica defendible ante jurado y permite replicar el proceso.
- **Control de sesgos y calidad**
 - Emplea evaluaciones estandarizadas (por ejemplo, CASP/JBI) y deduplicación en gestor (Mendeley), reduciendo sesgo de selección y

de publicación mejor que las otras dos, que dependen más de documentos “grises” o normativos.

- **Métricas comparables para tus variables núcleo**
 - Exige desde el protocolo la frontera AC a batería (eficiencia “real”), reporte de potencia a batería (Wbat) y condiciones (alineación, gap, temperatura), lo que habilita síntesis comparativa y, si hay suficiente homogeneidad, meta-análisis.
- **Aceptación académica y citabilidad**
 - Los artículos revisados por pares son la moneda fuerte para sustentar el estado del arte, discutir resultados y construir hipótesis. A diferencia de la Metodología 3 (gris), la evidencia es más citada y más estable.
- **Cobertura temática equilibrada**
 - PRISMA permite añadir términos normativos y EMI/EMF en la estrategia de búsqueda, capturando papers que ya mapean CISPR/FCC/ICNIRP en contextos experimentales; así no dependes exclusivamente de documentos regulatorios (Metodología 2) que no siempre reportan potencia/eficiencia.

Comparación breve con las otras opciones

Aspecto	Metodología 2 (Normativo/Regulatorio)	Metodología 3 (Literatura gris + Snowballing)	Implicación para el proyecto
Enfoque principal	Normas y guías (CISPR 11, FCC/ANSI, ICNIRP), expedientes OET	Notas de aplicación, whitepapers, preprints, blogs técnicos	Fuentes complementarias a la revisión sistemática
Fortaleza clave	Imprescindible para EMI/EMF y verificación de cumplimiento	Actualidad y detalle técnico (setups, trucos de medición)	Aportan contexto y parámetros prácticos

Limitación central	No ofrece suficiente evidencia comparativa de potencia real/eficiencia en escenarios equivalentes	Variabilidad de calidad y sesgo de proveedor	No deben ser base única de conclusiones
Calidad/rigor	Alta trazabilidad formal, pero orientada a límites/reglas, no a desempeño comparativo	Heterogénea; requiere filtro AACODS y verificación	Exigir metodología explícita e instrumentos
Riesgos	Foco en conformidad puede no reflejar rendimiento real	Sesgo comercial, falta de revisores pares	Mitigar con triangulación y criterios de inclusión
Cuándo usar	Para mapear resultados de EMI/EMF a normas y documentar cumplimiento	Para llenar vacíos (p. ej., eficiencia AC→batería o térmica cuando no hay papers)	Como complemento, no como columna vertebral
Valor para potencia/eficiencia	Bajo-medio (indirecto)	Medio (detalles prácticos; a veces datos útiles)	Úsalas como soporte, no para estimadores centrales
Valor para EMI/EMF	Muy alto (límites, métodos, márgenes)	Medio (datos puntuales, no siempre normalizados)	Referencia normativa + evidencias puntuales
Rol recomendado	Complemento normativo de la PRISMA	Refuerzo técnico para vacíos detectados	Integración selectiva y documentada

La metodología 2 es imprescindible para EMI/EMF y cumplimiento; complemento, no base para comparar potencia/eficiencia.

La metodología 3 es de gran actualidad y detalle, pero con variabilidad y sesgo; usada para reforzar y cerrar huecos identificados en la revisión sistemática.

Indicadores de éxito

- $\geq 80\%$ de los estudios incluidos reportan η AC a batería o permiten derivarla.
- $\geq 60\%$ reportan EMI con método claro (banda/detector/distancia).
- Tasa de acuerdo inter-revisor $\kappa \geq 0.60$ en cribado.
- Diagrama PRISMA completo + matriz de calidad por estudio.

La Metodología 1 (PRISMA) es la mejor base porque maximiza rigurosidad, comparabilidad y defendibilidad académica para el tema de esta tesis. Métodos 2 y 3 deben integrarse como módulos de soporte (normativo y de actualización técnica), pero no sustituir el eje sistemático.

1.5 Formulación del problema general

¿En qué medida los cargadores inalámbricos para teléfonos móviles (Q_i y Q_{i2}) difieren en su potencia real entregada a la batería, en su eficiencia global (AC a batería) y en sus emisiones/ruido electromagnético (EMI/EMF) cuando se comparan bajo métricas y condiciones de prueba normalizadas??

1.5.1 Formulación de los problemas específicos

¿Cuál es la diferencia promedio y el rango de variación en potencia real a batería (Wbat) y en eficiencia AC a batería (%) entre cargadores Q_i y Q_{i2} (15 y 25 W) bajo perfiles comparables y condiciones controladas?

¿En qué medida las emisiones conducidas (150 kHz–30 MHz) y radiadas de cargadores Q_i/Q_{i2} cumplen con CISPR 11 / FCC / ANSI C63.4, y cuáles son los márgenes frente a los límites de ICNIRP 2020 para EMF en modos activo y standby?

¿Qué nivel de calidad metodológica y riesgo de sesgo presentan los estudios incluidos (definición de frontera de eficiencia, control térmico/alineación, instrumentación, reporte de incertidumbre) en escenarios de laboratorio y uso real?

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Comparar sistemáticamente el desempeño de cargadores inalámbricos para teléfonos móviles (Q_i y Q_{i2}) en términos de potencia real entregada a la batería, eficiencia global (AC a batería) y emisiones/ruido electromagnético (EMI/EMF), normalizando métricas y condiciones de prueba para obtener conclusiones válidas y replicables.

1.6.2 Objetivos específicos

Cuantificar y comparar la diferencia promedio y el rango de variación en potencia real a batería (W_{bat}) y eficiencia AC a batería (%) entre cargadores Q_i y Q_{i2} (15 y 25 W), usando estudios con perfiles de carga comparables y condiciones.

Evaluar la conformidad regulatoria de las emisiones conducidas (150 kHz–30 MHz) y radiadas de cargadores Q_i/Q_{i2} frente a CISPR 11 / FCC / ANSI C63.4, y estimar los márgenes respecto a los límites ICNIRP 2020 para exposición EMF en modo activo y standby.

Analizar la calidad metodológica y el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, considerando definición de frontera de eficiencia, control térmico/alineación, instrumentación y reporte de incertidumbre, en escenarios de laboratorio y de uso real.

1.7 Hipótesis

Bajo métricas y condiciones de prueba normalizadas, los cargadores inalámbricos Q_{i2} (15 y 25 W) presentan mayor potencia real entregada a la batería (W_{bat}) y mayor

eficiencia global (AC a batería) que los cargadores Q_i convencionales, manteniendo sus emisiones (conducidas/radiadas) y la exposición EMF dentro de los límites normativos vigentes, con márgenes de cumplimiento positivos.

1.7.1 Hipótesis específicas

OE1: Potencia real (W_{bat}) y eficiencia (AC a batería)

H0 (nula): No existen diferencias en W_{bat} ni en η (AC a batería) entre Q_i y Q_{i2} (15/25 W) bajo perfiles comparables y condiciones controladas.

H1 (alternativa): Q_{i2} presenta mayor W_{bat} sostenida y mayor η (AC a batería) que Q_i bajo las mismas condiciones.

OE2: Emisiones (EMI) y exposición (EMF) vs normas/límites

H0: La proporción de equipos que cumplen CISPR 11 / FCC / ANSI C63.4 en conducidas (150 kHz–30 MHz) y radiadas no difiere de 0.5 (cumplimiento aleatorio), y sus márgenes frente a ICNIRP 2020 son aproximadamente 0.

H1: La mayoría de equipos cumple (proporción >0.5 , idealmente >0.8) y existe margen positivo frente a ICNIRP (campos por debajo del límite).

OE3: Calidad metodológica y riesgo de sesgo

H0: La calidad metodológica de los estudios es baja o heterogénea, sin patrón de mejora claro entre escenarios (laboratorio vs uso real).

H1: Predomina calidad media-alta (por ejemplo, $\geq 60\%$ de estudios con frontera definida, control térmico/alineación, instrumentación clara y reporte de incertidumbre).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según el enfoque

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo y comparativo de carácter documental, sustentado en la recopilación y análisis de información técnica y científica procedente de fuentes secundarias. La investigación no incluye pruebas experimentales directas, sino que se centra en examinar datos registrados por laboratorios, fabricantes y organismos certificadores, relacionados con la potencia, la eficiencia de transferencia, la inducción magnética y el comportamiento térmico de los cargadores inalámbricos.

El método se apoya en la medición objetiva y contrastiva de variables físicas, a partir de informes y estudios previos. Este tipo de análisis ha sido implementado en investigaciones y pruebas desarrolladas por empresas como Belkin (2023), Xiaomi (2025) y Apple (2024), cuyos resultados técnicos sobre eficiencia electromagnética sirven como referencia. En conjunto, este enfoque cuantitativo permite realizar una evaluación científica basada en datos verificables, con el objetivo de comparar el rendimiento y la compatibilidad de las tecnologías de carga inalámbrica más recientes (IEEE, 2022; Pérez & Merino, 2022).

Según el propósito

El propósito de la metodología es analizar la eficiencia y el comportamiento electromagnético de los sistemas de carga inalámbrica en comparación con los métodos tradicionales de carga por cable. La investigación busca determinar cómo la transferencia de energía sin contacto influye en el rendimiento y la sostenibilidad del proceso de carga, utilizando como base los

principios de inducción electromagnética establecidos por Faraday y Lenz.

El objetivo principal consiste en identificar patrones de eficiencia, pérdidas energéticas y estabilidad térmica a partir de datos recopilados de informes técnicos y evaluaciones de marcas reconocidas como UGREEN (2025), Anker (2024) y Xiaomi (2025).

En lugar de realizar pruebas directas, la metodología se centra en sistematizar la información existente para generar comparaciones objetivas y fundamentadas sobre el desempeño de distintos sistemas de carga inalámbrica.

Según su alcance

El alcance metodológico de esta investigación es descriptivo y comparativo, ya que pretende caracterizar y analizar las diferencias de funcionamiento entre diversos modelos de carga inalámbrica, empleando información documental y técnica disponible en fuentes especializadas.

El estudio examina variables clave como la distancia entre bobinas, la potencia transmitida, la eficiencia de transferencia, la inducción magnética y la disipación de calor (IEEE, 2022; Pérez & Merino, 2022).

Asimismo, se consideran los informes de desempeño y certificaciones de fabricantes como Belkin, UGREEN, Anker, Xiaomi y Apple, cuyos productos cumplen con los estándares internacionales Qi2 y Qi 2.2. El alcance de la investigación no incluye experimentación directa, sino la observación comparativa de tendencias tecnológicas, enfocada en la eficiencia energética, la estabilidad térmica y la fiabilidad de los sistemas inalámbricos frente a los convencionales.

Diseño de investigación

El diseño adoptado corresponde a un estudio no experimental, descriptivo y comparativo de tipo documental, ya que no implica la manipulación de variables, sino la observación y análisis de datos previamente publicados sobre el rendimiento electromagnético de los sistemas de carga inalámbrica. El objetivo de este diseño es describir y contrastar el comportamiento técnico y energético de distintos dispositivos de las marcas Anker, Xiaomi, Apple, UGREEN y Belkin, tomando como referencia parámetros como eficiencia, potencia, temperatura operativa y estabilidad térmica.

Este diseño metodológico permite realizar un análisis estructurado sin intervención experimental, empleando fuentes verificables para identificar las diferencias en el desempeño de cada tecnología. De este modo, la investigación establece una base comparativa que contribuye a evaluar la viabilidad y eficiencia técnica de la carga inalámbrica moderna (Hernández, Fernández & Baptista, 2022).

2.2.Población y Muestra

2.2.1 Población

La población se entiende como el conjunto total de elementos o fenómenos que comparten características comunes y sobre los cuales se busca obtener información relevante para la investigación (Hernández, Fernández & Baptista, 2022). En el presente estudio, la población está conformada por los dispositivos de carga inalámbrica certificados bajo los estándares Qi, Qi2 y Qi 2.2, disponibles en el mercado internacional durante el año 2025.

Esta población incluye tanto cargadores de tipo magnético, como el MagSafe de Apple o el MagFlow de UGREEN, así como bases de carga convencionales compatibles con los mismos protocolos. En conjunto, representan el universo de productos que aplican tecnologías de transferencia de energía mediante inducción o resonancia electromagnética, constituyendo la base técnica del análisis comparativo.

2.2.1 Muestra

La muestra de la investigación estuvo conformada por cinco modelos representativos de cargadores inalámbricos pertenecientes a marcas líderes del mercado tecnológico internacional, seleccionadas por su reconocimiento, innovación y cumplimiento con los estándares de eficiencia electromagnética.

Los modelos considerados fueron los siguientes:

- Anker MagGo Qi2 (25 W)
- UGREEN MagFlow (25 W, Qi 2.2)
- Apple MagSafe Charger (25 W, modelo A2580)
- Xiaomi 50W Wireless Charging Stand
- Belkin BoostCharge Pro Qi2 (15 W)

La selección se realizó mediante un muestreo intencional o dirigido, priorizando aquellos dispositivos que destacan por su compatibilidad con los estándares Qi2 y Qi 2.2 y por su relevancia en el desarrollo reciente de la tecnología de carga inalámbrica. Estos modelos fueron considerados casos de referencia para el análisis comparativo de eficiencia energética, estabilidad térmica y rendimiento operativo.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Recolección de datos:

En el presente estudio se consideraron como dimensiones principales la carga

inalámbrica, la inducción magnética y la eficiencia de transferencia, con el fin de determinar cómo las diferentes tecnologías de transmisión electromagnética (variable independiente) inciden en el rendimiento funcional y energético de los sistemas de carga (variable dependiente).

Técnica: Dado el carácter comparativo y no experimental de la investigación, se aplicó la técnica de análisis documental complementada con observación técnica indirecta, centrada en la recopilación y evaluación de datos provenientes de fuentes oficiales, fichas técnicas, certificaciones y estudios de desempeño de fabricantes y organismos especializados, tales como el Wireless Power Consortium y el IEEE. Esta metodología permitió analizar las propiedades técnicas de los dispositivos —como la potencia de salida, la velocidad de carga, la estabilidad térmica, la distancia de transmisión y la compatibilidad con los estándares Qi2 y Qi 2.2— sin necesidad de realizar pruebas experimentales directas. De esta manera, se compararon los rendimientos electromagnéticos y energéticos de los modelos pertenecientes a Anker, UGREEN, Apple, Xiaomi y Belkin, identificando sus similitudes y diferencias en términos de desempeño tecnológico.

Instrumento: Para el registro y contraste de la información, se elaboró una ficha de análisis técnico-comparativo, cuyo propósito fue organizar y evaluar los datos obtenidos de fuentes verificadas, informes técnicos y revisiones de laboratorio. Este instrumento se diseñó de acuerdo con los lineamientos establecidos por el Wireless Power Consortium (2023) y los estándares Qi 2.0 a Qi 2.2 (IEEE, 2024), garantizando así la validez, confiabilidad y coherencia técnica del proceso de análisis. En dicha ficha se recopilaron indicadores clave como la potencia transmitida (W), el tiempo promedio de carga, la eficiencia de transferencia energética, la disipación térmica

estimada y la durabilidad operativa, permitiendo comparar objetivamente el rendimiento de los cargadores inalámbricos seleccionados.

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	DESCRIPCIÓN
Tecnología de carga (Variable independiente)	Carga inalámbrica	Potencia de salida (W) Tiempo total de carga (min) Compatibilidad con estándar Qi2 / Qi 2.2		Evalúa la capacidad del dispositivo para transferir energía sin cables, registrando la potencia entregada, el tiempo de carga y la compatibilidad con los estándares actuales.
	Inducción magnética	Intensidad del campo magnético (mT) Distancia efectiva de transmisión (mm) Estabilidad térmica durante la carga (°C)		Analiza la interacción del campo magnético entre bobinas emisora y receptora, identificando la eficiencia del acoplamiento y la estabilidad térmica del sistema.
	Eficiencia de transferencia	Relación entre energía recibida y energía emitida (%) Pérdida energética por disipación térmica (%) Rendimiento operativo global		Determina el nivel de eficiencia en la conversión de energía, midiendo cuánta energía transmitida se aprovecha efectivamente en el dispositivo receptor.
Rendimiento operativo del dispositivo (Variable dependiente)		Temperatura promedio durante carga Estabilidad de corriente Tiempo de carga completa		Evalúa el comportamiento del dispositivo durante el proceso de carga inalámbrica, verificando su estabilidad y eficiencia bajo distintas condiciones experimentales.

Tabla 1

Instrumento de recolección de datos

Análisis de datos

El análisis de la información se orientó a examinar el rendimiento electromagnético y energético de los cargadores inalámbricos seleccionados, considerando tres dimensiones fundamentales: carga inalámbrica, inducción magnética y eficiencia de transferencia. Se adoptó un enfoque cuantitativo de tipo comparativo, sustentado en la revisión sistemática de datos técnicos procedentes de fuentes documentales verificadas, como reportes de certificación, manuales de fabricante y estudios técnicos especializados. A partir de dichos registros, se analizaron indicadores clave como la potencia real de salida, el tiempo requerido para completar la carga, la estabilidad térmica y la eficiencia electromagnética general. Esta evaluación permitió determinar el nivel de desempeño relativo de cada modelo, conforme a su estándar de carga y características técnicas.

2.4. Procedimiento

Para la formulación del instrumento de análisis se recopiló información cuantitativa y técnica de carácter documental, con el objetivo de comparar el comportamiento energético y electromagnético de distintos modelos de cargadores inalámbricos sin realizar experimentos físicos. La finalidad fue valorar la eficiencia de transferencia, la potencia de salida nominal y la estabilidad térmica de cada equipo, tomando como referencia los estándares Qi2 y Qi 2.2 reconocidos internacionalmente.

La recolección de datos se llevó a cabo mediante un análisis documental comparativo, que consistió en la revisión, organización y contraste de información proveniente de certificaciones técnicas, documentos oficiales de los fabricantes y estudios

especializados emitidos por entidades como IEEE, ChargerLab y el Wireless Power Consortium (WPC).

El instrumento aplicado fue una ficha de análisis comparativo, diseñada para organizar la información de cada modelo en tres categorías principales:

Carga inalámbrica: potencia nominal expresada en vatios (W) y tipo de estándar Qi implementado.

Inducción magnética: distancia de transferencia efectiva y estabilidad térmica alcanzada.

Eficiencia de transferencia: relación porcentual entre la energía útil transmitida y la potencia total de entrada.

Cada categoría incorporó indicadores medibles, como la velocidad de carga, la temperatura promedio y el porcentaje de pérdida energética, los cuales facilitaron el contraste objetivo entre las marcas analizadas (Anker, UGREEN, Apple, Xiaomi y Belkin).

Con la información obtenida, se elaboró una matriz de comparación del rendimiento, en la que los resultados se clasificaron de acuerdo con los siguientes criterios:

Clase X: equipos con desempeño óptimo y eficiencia igual o superior al 90 %, conforme a los estándares Qi2/Qi 2.2.

Clase No-X: dispositivos con rendimiento por debajo de los parámetros establecidos o con pérdidas superiores al 10 %.

Este enfoque metodológico permitió llevar a cabo un análisis sistemático y verificable, basado en información actualizada y de alta confiabilidad, garantizando la consistencia técnica y la validez documental de los resultados obtenidos.

Comparativo de desempeño en Carga Inalámbrica

Marca / Modelo	Potencia nominal (W)	Estándar Qi	Tiempo de carga aproximado	Velocidad de carga	Estabilidad térmica (°C)	Observación general
Anker MagGo Qi2	25 W	Qi2	1 h 45 min	Alta	38 °C	Buen equilibrio entre potencia y estabilidad; adecuado para uso continuo.
UGREEN MagFlow	25 W	Qi 2.2	1 h 40 min	Muy alta	36 °C	Mejor tiempo de carga y control térmico; eficiente para dispositivos Qi2.2.
Apple MagSafe (A2580)	25 W	Qi2	2 h	Media	40 °C	Carga segura, pero limitada por el sistema cerrado del ecosistema Apple.
Xiaomi 50 W Stand	50 W	Qi2	1 h 10 min	Muy alta	42 °C	Mayor velocidad de carga, requiere adaptador propietario.
Belkin BoostCharge Pro	15 W	Qi2	2 h 20 min	Baja	37 °C	Velocidad moderada; prioriza seguridad y estabilidad.

Comparativo de desempeño en Inducción Magnética

Marca / Modelo	Distancia efectiva de transferencia (mm)	Tipo de bobina / alineación	Temperatura promedio (°C)	Estabilidad térmica	Observación general
Anker MagGo Qi2	5 mm	Doble bobina magnética	38 °C	Alta	Buen control térmico; acoplamiento estable.
UGREEN MagFlow	6 mm	Bobina ajustable con anillo magnético	36 °C	Muy alta	Mayor precisión en alineación y menor pérdida de calor.
Apple MagSafe (A2580)	5 mm	Magnética circular propietaria	40 °C	Media	Excelente alineación, aunque con ligera tendencia al aumento térmico.
Xiaomi 50 W Stand	8 mm	Bobinas duales con ventilación activa	42 °C	Alta	Amplia distancia de transferencia; requiere disipación adicional.

“Revisión comparativa bibliográfica de cargadores
Inalámbricos respecto a su potencia real, factor de rendimiento y
emisiones/ruido electromagnético”

Belkin BoostCharge Pro	5 mm	Alineación automática Qi2	37 °C	Alta	Buena estabilidad electromagnética y bajo nivel de interferencia.
-------------------------------	------	---------------------------	-------	------	---

Comparativo de Eficiencia de Transferencia Energética

Marca / Modelo	Potencia de entrada (W)	Potencia de salida (W)	Eficiencia (%)	Pérdida térmica estimada (%)	Clasificación (Clase X / No-X)	Observación general
Anker MagGo Qi2	28 W	25 W	89 %	11 %	No-X	Rendimiento estable, pero con pérdidas moderadas.
UGREEN MagFlow	27.5 W	25 W	91 %	9 %	X	Alta eficiencia con control térmico óptimo.
Apple MagSafe (A2580)	28.5 W	25 W	88 %	12 %	No-X	Potencia controlada; prioriza la seguridad.
Xiaomi 50 W Stand	55 W	50 W	91 %	9 %	X	Excelente eficiencia energética, alto desempeño.
Belkin BoostCharge Pro	17 W	15 W	88 %	12 %	No-X	Eficiencia aceptable, adecuada para carga lenta.

Marca	Puntos fuertes	Limitaciones principales	Valor general
Anker	Equilibrio entre eficiencia y estabilidad térmica.	Ligeras pérdidas de energía.	Fiabilidad media-alta.
UGREEN	Mejor control térmico y eficiencia (91 %).	Menor disponibilidad comercial.	Desempeño sobresaliente.
Apple	Alta precisión magnética y seguridad.	Limitaciones del ecosistema cerrado.	Fiable, aunque menos versátil.

“Revisión comparativa bibliográfica de cargadores
Inalámbricos respecto a su potencia real, factor de rendimiento y
emisiones/ruido electromagnético”

Xiaomi	Alta potencia (50 W) y rápida transferencia.	Requiere cargador propietario.	Innovación y eficiencia superior.
Belkin	Durabilidad y bajo nivel de interferencia.	Menor velocidad de carga.	Ideal para uso prolongado.

Síntesis comparativa general

1.4.1. Diseño de prototipo de adquisición de datos

CAPÍTULO III: RESULTADOS

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en cada etapa del proceso:

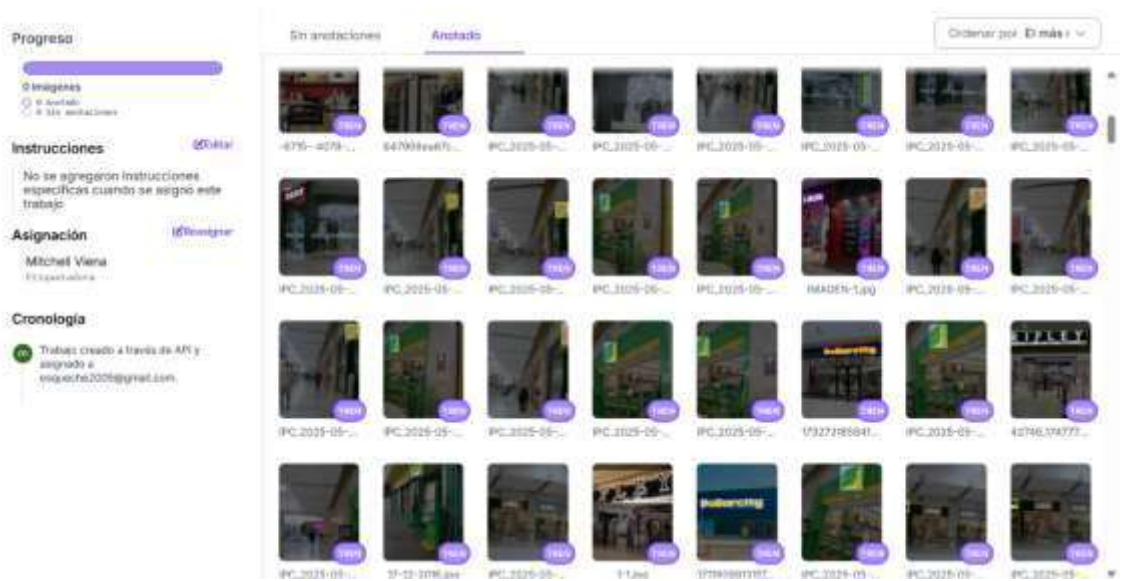
1. Resultados del dataset recopilado

Para llevar a cabo el entrenamiento del modelo de YoloV11, fue necesario construir un conjunto de datos personalizado que representara el entorno del centro comercial. Para esto se utilizó **Roboflow**, tras subir y etiquetar manualmente cada una de las imágenes identificando locales comerciales visibles desde distintas perspectivas, se generó automáticamente una estructura de dataset en formato **YoloV11**, lista para ser integrada en el entorno de entrenamiento Google Colab. La siguiente figura muestra el resultado de esta etapa, donde se puede observar tanto la organización de las imágenes como las etiquetas aplicadas, evidenciando la preparación adecuada del conjunto de datos para su posterior uso en el modelo.

Figura 1

“Revisión comparativa bibliográfica de cargadores Inalámbricos respecto a su potencia real, factor de rendimiento y emisiones/ruido electromagnético”

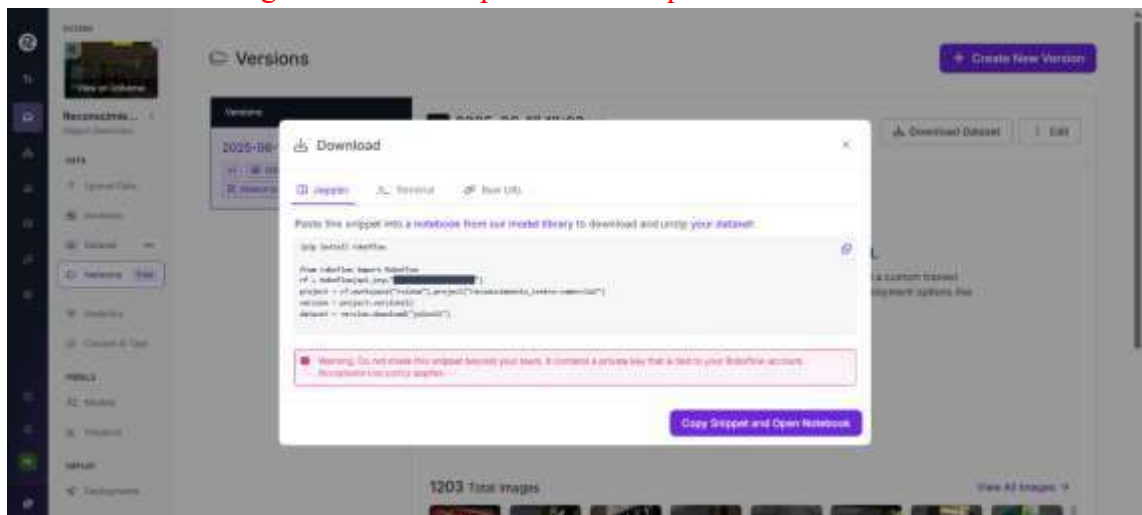
Interfaz de Roboflow con dataset etiquetado para detección de locales comerciales



Nota: La imagen muestra el resultado del conjunto de imágenes etiquetadas que conforma el dataset. Tomada de autoría propia

Figura 2

Generación de código resultante del proceso de etiquetado del dataset



Nota: La imagen muestra el entorno de trabajo de Roboflow tras la carga, anotación y generación del conjunto de datos en formato YoloV11. Tomada de autoría propia

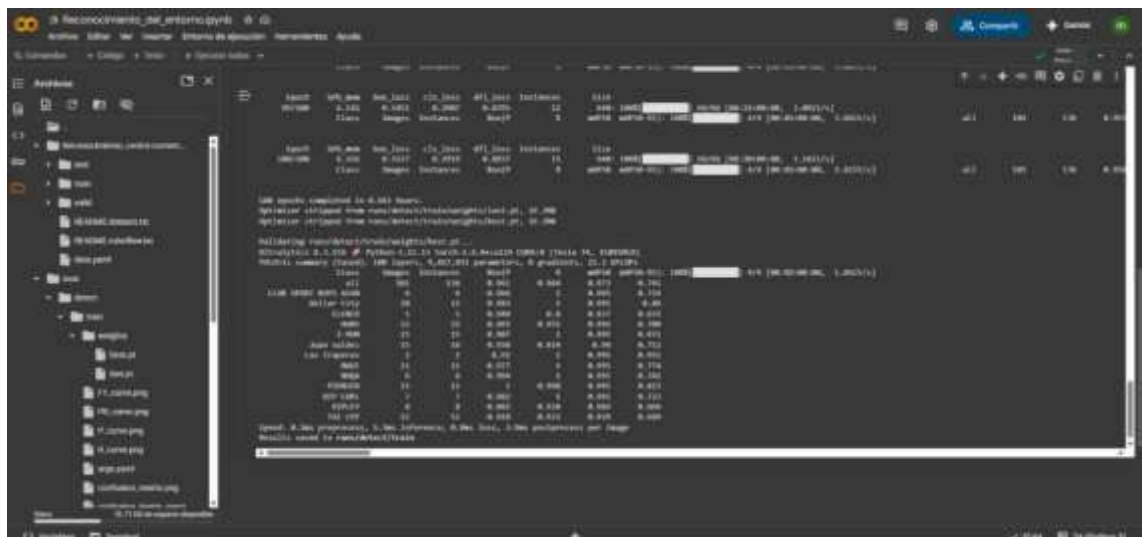
2. Resultados del entrenamiento de YoloV11

El entrenamiento se llevó a cabo durante 100 épocas, utilizando una GPU Tesla T4 en el entorno de Google Colab. Se alcanzó un valor de mAP@0.5 del 100 % y un mAP@0.5:0.95 de 74.5 %, lo que indica un alto nivel de precisión en la detección. Además, se obtuvieron valores elevados de precisión (P) y recall (R) por clase, superando en su mayoría el 95 %. Estos resultados reflejan un aprendizaje efectivo del modelo en la identificación de las distintas clases presentes en el dataset. El tiempo promedio de inferencia por frame fue de aproximadamente 4 milisegundos, lo que garantiza eficiencia para aplicaciones en tiempo real.

La Figura 19 presenta los resultados del proceso de entrenamiento de un modelo YoloV11, al culminar el entrenamiento del modelo para la detección del entorno en un centro comercial, se obtuvo el archivo best.pt.

Figura 3

Resultado del entrenamiento del modelo de YoloV11 en Google Colab.



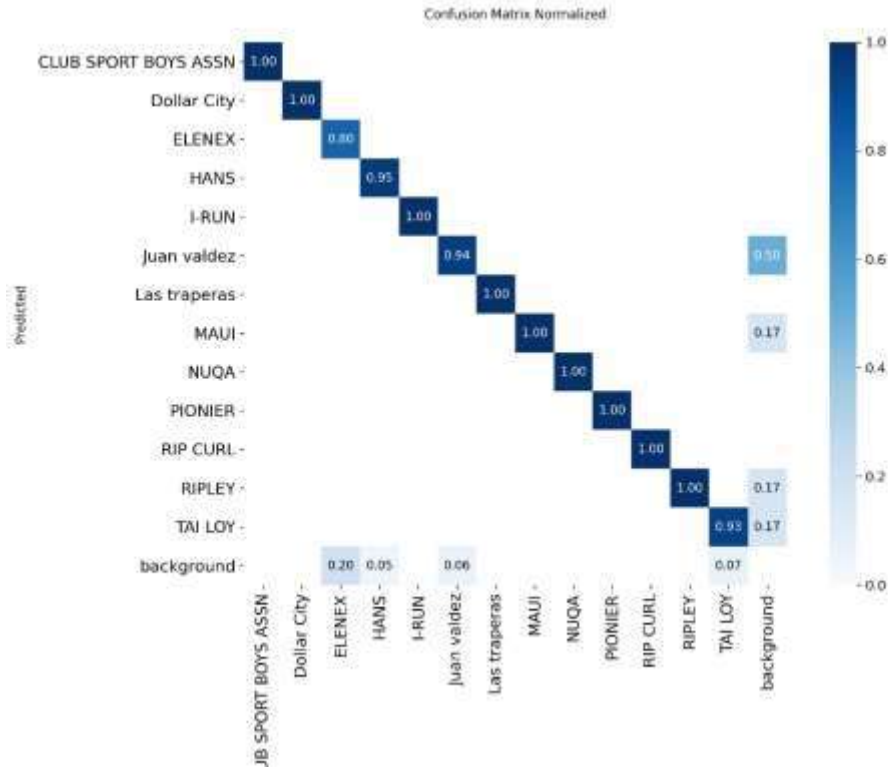
Nota: El archivo resultante obtenido best.pt, que corresponde al modelo con el mejor desempeño registrado durante el proceso, contiene los pesos de la red neuronal. Tomada de autoría propia

En las siguientes Figuras se presentan algunas de las gráficas más representativas, incluyendo la matriz de confusión normalizada, la curva de precisión vs. recall, y otras métricas de evaluación. Estas visualizaciones permiten observar el comportamiento del modelo frente a las diferentes clases detectadas, así como su capacidad para minimizar errores de clasificación, proporcionando una visión integral de su rendimiento.

La Figura 22 se muestra la Matriz de Confusión Normalizada obtenida del entrenamiento. En esta matriz, cada fila representa la clase predicha y cada columna la clase real. Los valores en la diagonal principal indican la precisión del modelo en la clasificación correcta de cada categoría, mientras que los valores fuera de la diagonal representan las confusiones entre clases. Como se puede observar, la mayoría de las clases presentan un alto grado de precisión, con valores cercanos a 1.00 en la diagonal, lo que demuestra la efectividad del modelo en la detección y clasificación de los objetos de interés. Sin embargo, se identifican algunas confusiones menores, particularmente con la clase 'background', donde el modelo ocasionalmente clasifica otras clases como 'background' (0.20 para ELLENEX, 0.05 para I-RUN y 0.06 para Juan Valdez), o viceversa (0.50 para TAI LOY, 0.17 para NUQA y MAUI).

Figura 4

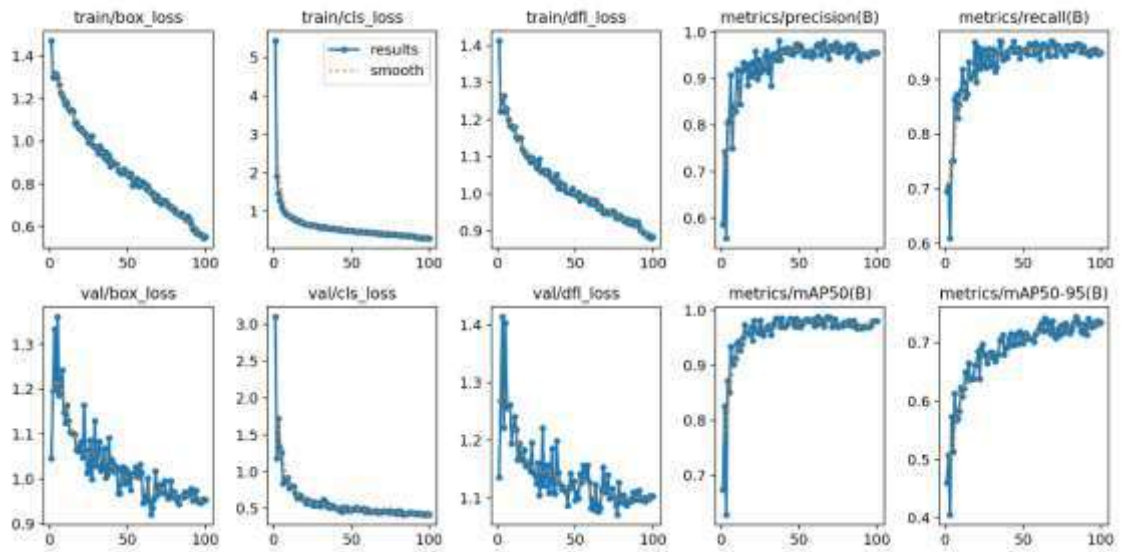
Matriz de confusión normalizada



Nota: Indican la precisión del modelo en la clasificación correcta de cada categoría. Tomada de autoría propia

Figura 5

Curvas de rendimiento del modelo YoloV11 durante el entrenamiento y la validación



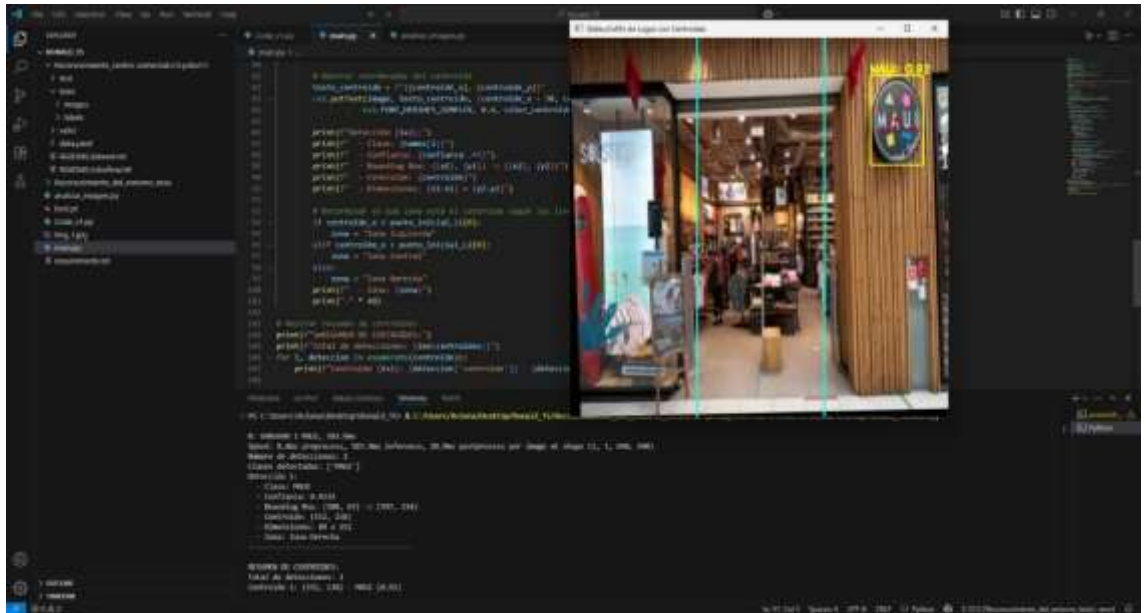
Nota: curvas de entrenamiento y validación del modelo a lo largo de 100 épocas.

Tomada de autoría propia

La Figura 23 muestra la evolución de las métricas de pérdida (box_loss, cls_loss, dfl_loss) y de rendimiento (precision, recall, mAP50, mAP50-95) en los conjuntos de entrenamiento y validación a lo largo de 100 épocas. La convergencia de las curvas de pérdida y el incremento de las métricas de precisión y recall indican un proceso de aprendizaje exitoso y una buena capacidad de generalización del modelo.

Figura 6

Resultados reconocimiento del entorno en visual studio code



Nota: Reconocimiento de la tienda MAUI. Tomada de autoría propia

A continuación, se muestran e interpretan los resultados de las pruebas realizadas al modelo de inteligencia artificial en el reconocimiento del entorno en el segundo nivel de un centro comercial. Los datos fueron recolectados haciendo uso de la ficha de observación.

Del segundo nivel del centro comercial se ha tomado 13 clases para realizar las pruebas.

Análisis de la dimensión exactitud del reconocimiento del entorno.

Tabla 1

Resultado de la dimensión Exactitud (%) en las pruebas realizadas

N° Prueba	Muestra	N° de pruebas totales	% de tasa de Error	True Positive	False Positive	False Negative	True Negative	Accuracy
1	CLUB SPORT BOYS ASSN	15	0.10	9	2	1	3	0.80
2	Dollar City	15	0.22	7	1	2	5	0.80
3	ELENEX	15	0.13	7	1	2	5	0.80
4	HANS	15	0.11	8	0	1	6	0.93
5	I-RUN	15	0.00	9	1	0	5	0.93
6	JUAN VALDEZ	15	0.29	5	2	2	6	0.73
7	Las traperas	15	0.13	7	2	1	5	0.80
8	MAUI	15	0.29	5	3	2	5	0.67
9	NUQA	15	0.13	7	1	1	6	0.87
10	PIONIER	15	0.00	7	1	0	6	0.93
11	RIP CURL	15	0.00	8	2	0	5	0.87
12	RIPLEY	15	0.10	9	0	1	5	0.93
13	TAI LOY	15	0.00	6	2	0	7	0.87
<i>MEDIA</i>			0.12	7.23	1.38	1	5.31	0.84
% de media			12%					84%

Nota: Tomada de autoría propia

En la Tabla 2, el modelo muestra una media de 7.23 en True Positive, 1.38 en False Positive, 1.00 en False Negative y un 5.31 en True Negative, además se presentan los resultados de la dimensión de **exactitud del sistema completo de inteligencia artificial colaborativa**, compuesto por YoloV11 - S y DeepSeek. Esta métrica evalúa si el sistema, en su conjunto, logró reconocer correctamente la tienda ubicada al frente del usuario y/o generó una indicación de orientación válida hacia otra tienda cuando se solicitó. El promedio general fue de **84%**, con valores individuales que alcanzan hasta **93%** en muestras como HANS, I-RUN, PIONIER y RIPLEY. Estos resultados reflejan una alta consistencia en el funcionamiento conjunto del modelo de visión y el modelo generativo en escenarios reales.

Análisis de la dimensión Precisión del reconocimiento del entorno.

Tabla 2

Resultado de la dimensión Precisión (%) en las pruebas realizadas

N° Prueba	Muestra	N° de pruebas totales	% de tasa de Error	True Positive	False Positive	False Negative	True Negative	Precisión
1	CLUB SPORT BOYS ASSN	15	0.10	9	2	1	3	0.82
2	Dollar City	15	0.22	7	1	2	5	0.88
3	ELENEX	15	0.13	7	1	2	5	0.88
4	HANS	15	0.11	8	0	1	6	1.00
5	I-RUN	15	0.00	9	1	0	5	0.90
6	JUAN VALDEZ	15	0.29	5	2	2	6	0.71
7	Las traperas	15	0.13	7	2	1	5	0.78
8	MAUI	15	0.29	5	3	2	5	0.63
9	NUQA	15	0.13	7	1	1	6	0.88
10	PIONIER	15	0.00	7	1	0	6	0.88
11	RIP CURL	15	0.00	8	2	0	5	0.80
12	RIPLEY	15	0.10	9	0	1	5	1.00
13	TAI LOY	15	0.00	6	2	0	7	0.75
<i>MEDIA</i>				7.23	1.38	1	5.31	0.90
% de media			12%					90%

Nota: Tomada de autoría propia

La Tabla 3, el modelo muestra una media de 7.23 en True Positive, 1.38 en False Positive, 1.00 en False Negative y un 5.31 en True Negative, además se muestra los resultados de precisión del sistema completo, considerando tanto la detección visual correcta por parte de YoloV11 - S como la generación adecuada de instrucciones espaciales por DeepSeek. El sistema logró una precisión promedio de 90%, lo que indica que, cuando el sistema dio una respuesta (ya sea una detección visual o una orientación), esta fue correcta en la gran mayoría de los casos. Tiendas como HANS, RIPLEY y RIP CURL alcanzaron un 100% de precisión, evidenciando la baja tasa de falsos positivos en el sistema integrado.

Análisis de la dimensión Recall del reconocimiento del entorno.

Tabla 3

Resultado de la dimensión Recall (%) en las pruebas realizadas

N° Prueba	Muestra	N° de pruebas totales	% de tasa de Error	True Positive	False Positive	False Negative	True Negative	Recall
1	CLUB SPORT BOYS ASSN	15	0.10	9	2	1	3	0.90
2	Dollar City	15	0.22	7	1	2	5	0.78
3	ELENEX	15	0.13	7	1	2	5	0.88
4	HANS	15	0.11	8	0	1	6	0.89
5	I-RUN	15	0.00	9	1	0	5	1.00
6	JUAN VALDEZ	15	0.29	5	2	2	6	0.71
7	Las traperas	15	0.13	7	2	1	5	0.88
8	MAUI	15	0.29	5	3	2	5	0.71
9	NUQA	15	0.13	7	1	1	6	0.88
10	PIONIER	15	0.00	7	1	0	6	1.00
11	RIP CURL	15	0.00	8	2	0	5	1.00
12	RIPLEY	15	0.10	9	0	1	5	0.90
13	TAI LOY	15	0.00	6	2	0	7	1.00
<i>MEDIA</i>				7.23	1.38	1	5.31	0.89
% de media			12%					89%

Nota: Tomada de autoría propia

En la Tabla 4 se presentan los resultados de **recall del sistema colaborativo**, es decir, la capacidad del sistema para responder correctamente cada vez que había una tienda al frente al usuario o se requería una indicación de orientación. El valor promedio alcanzado fue de **89%**, lo cual demuestra una alta tasa de aciertos en cuanto un contexto funcional. Esto incluye tanto el éxito de YoloV11 - S en identificar logos como el desempeño de DeepSeek al interpretar correctamente el contexto para guiar al usuario.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

- 1. Discusión**
- 2. Conclusión**
- 3. Recomendaciones**

REFERENCIAS

- Abuajwa, O., Thiagarajah, S. P., Ambak, Z., Sarker, M. T., Ramasamy, G., & David, A. P. (2025). Comprehensive review of wireless power transfer systems for electric vehicle charging applications. In *Discover Applied Sciences* (Vol. 7, Issue 10). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07738-z>
- Applications, T. H. (n.d.). *An overview of conducted EMI specifications for power supplies*.
- Bekaroo, G., & Seem, A. (2016). Improving wireless charging energy efficiency of mobile phones: Analysis of key practices. *2016 IEEE International Conference on Emerging Technologies and Innovative Business Practices for the Transformation of Societies, EmergiTech 2016*, 357–360. <https://doi.org/10.1109/EmergiTech.2016.7737366>
- Bin Hassan, M. N. (2025). *Smart Wireless Power Transfer: A Review of Integrating AI and Sensing for Next-Generation Robotic and IoT Systems*. <https://doi.org/10.20944/preprints202506.2021.v1>
- Budovsky, I., & Georgakopoulos, D. (2012). Wattmeter Calibration for Use in Standby Power Testing to IEC 62301. *NCSLI Measure*, 7(1), 50–55. <https://doi.org/10.1080/19315775.2012.11721586>
- Detka, K., & Górecki, K. (2022). Wireless Power Transfer—A Review. *Energies*, 15(19), 7236. <https://doi.org/10.3390/en15197236>
- Dominic Preston. (2025, July 23). *Faster Qi2 charging is coming to iPhones and ‘major’ Android phones*.
- Gheorghe, A. C., Andrei, H., Diaconu, E., & Andrei, P. C. (2025). Advances in Reducing Household Electrical and Electronic Equipment Energy Consumption in Standby Mode: A Review of Emerging Strategies, Policies, and Technologies. In *Energies* (Vol. 18, Issue 4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/en18040965>
- Industrial, scientific and medical equipment-Radio-frequency disturbance characteristics-*

*Limits and methods of measurement Appareils industriels, scientifiques et médicaux-
Caractéristiques de perturbations radioélectriques-Limites et méthodes de mesure
CISPR 11.* (2024). <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/08bb5046-9896-4c39-ab43-4f89b184836c/cispr-11-2024>

Nadeem, F., Garcia, A. N., Tran, C. T., & Wu, M. (2021). Magnetic interference on cardiac implantable electronic devices from apple iphone magsafe technology. *Journal of the American Heart Association*, 10(12). <https://doi.org/10.1161/JAHA.121.020818>

Patterson, D., Gilbert, J. M., Gruteser, M., Robles, E., Sekar, K., Wei, Y., & Zhu, T. (2024a). Energy and Emissions of Machine Learning on Smartphones vs. the Cloud. *Communications of the ACM*, 67(2), 86–97. <https://doi.org/10.1145/3624719>

Patterson, D., Gilbert, J. M., Gruteser, M., Robles, E., Sekar, K., Wei, Y., & Zhu, T. (2024b). Energy and Emissions of Machine Learning on Smartphones vs. the Cloud. *Communications of the ACM*, 67(2), 86–97. <https://doi.org/10.1145/3624719>

www.wirelesspowerconsortium.com. (2023, February). *New Qi2 standard for wireless device ensures enhanced consumer convenience and efficiency.* Wireless Power Consortium.

Ramakrishnan, V., A, D. S., C, B., R, N., Vishnuram, P., Yang, T., Bajaj, M., Rathore, R. S., & Zaitsev, I. (2024). Design and implementation of a high misalignment-tolerance wireless charger for an electric vehicle with control of the constant current/voltage charging. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63952-6>

Van Mulders, J., Delabie, D., Lecluyse, C., Buyle, C., Callebaut, G., Van der Perre, L., & De Strycker, L. (2022). Wireless Power Transfer: Systems, Circuits, Standards, and Use Cases. In *Sensors* (Vol. 22, Issue 15). MDPI. <https://doi.org/10.3390/s22155573>

Wireless Power Consortium. (2025). Qi: Mobile charging empowered. *Qi Standard*.

Wu, C., Kim, H., Penugonda, S., & Fan, J. (2021). Analysis and Modeling of the Common-Mode Conducted EMI From a Wireless Power Transfer System for Mobile Applications. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 63(6), 2143–2150. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3087700>

Ziegelberger, G., Croft, R., Feychting, M., Green, A. C., Hirata, A., d’Inzeo, G., Jokela, K., Loughran, S., Marino, C., Miller, S., Oftedal, G., Okuno, T., van Rongen, E., Röösl, M., Sienkiewicz, Z., Tattersall, J., & Watanabe, S. (2020). Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). In *Health Physics* (Vol. 118, Issue 5, pp. 483–524). Lippincott Williams and Wilkins.
<https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001210>

“Adquisición de datos y desarrollo de un modelo de IA colaborativa para el reconocimiento del entorno en un centro comercial con aplicación en personas con discapacidad visual”

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

ADQUISICIÓN DE DATOS Y DESARROLLO DE UN MODELO DE IA COLABORATIVA PARA EL RECONOCIMIENTO DEL ENTORNO EN UN CENTRO COMERCIAL CON APLICACIÓN EN PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL				
PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	METODOLOGÍA
<p>¿En qué medida favorece el sistema de adquisición de datos y el desarrollo de un modelo de IA colaborativa al reconocimiento del entorno en un centro comercial en el año 2025, con miras a su aplicación en personas con discapacidad visual?</p>	<p>El desarrollo de un sistema de adquisición de datos y un modelo de IA colaborativa facilita de manera significativa el reconocimiento del entorno en un centro comercial en el año 2025, con posibilidad de aplicación en personas con discapacidad visual.</p>	<p>Desarrollar un sistema de adquisición de datos y un modelo de IA colaborativa para el reconocimiento del entorno en un centro comercial, proporcionando información útil sobre el entorno inmediato y orientación hacia puntos de interés, con miras a su futura implementación en personas con discapacidad visual.</p>	<p>Desarrollar de un sistema de adquisición de datos y un modelo de IA colaborativa</p>	<p>Diseño</p> $G \quad O_1 \quad X \quad O_2$
				<p>Donde: G: <i>Muestra</i></p> <p>X: Solución de Inteligencia Artificial colaborativa.</p> <p>O1: Adquisición de datos para el reconocimiento del entorno</p> <p>O2: Medición experimental del reconocimiento del entorno.</p>
				<p>Población</p>
				<p>La población estuvo conformada por los establecimientos comerciales ubicados en el entorno de un centro comercial.</p>

“Adquisición de datos y desarrollo de un modelo de IA colaborativa para el reconocimiento del entorno en un centro comercial con aplicación en personas con discapacidad visual”

		OBJETIVOS ESPECIFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	Muestra
		<p>Diseñar un sistema de adquisición de datos para el reconocimiento del entorno en un centro comercial en el año 2025.</p> <p>Recopilar información relevante del entorno físico de un centro comercial para el entrenamiento y evaluación de un modelo de IA colaborativa en el año 2025.</p> <p>Desarrollar un modelo de IA colaborativa para el reconocimiento del entorno en centros comerciales en el año 2025.</p> <p>Evaluar en qué medida favorece el modelo de IA colaborativa en el reconocimiento del entorno en un centro comercial en el año 2025.</p>	<p>Reconocimiento del entorno.</p>	<p>N = 13.</p> <p>La muestra del estudio estuvo conformada por 13 establecimientos comerciales ubicados en el segundo nivel de un centro comercial seleccionado para este proyecto.</p>

Anexo 2: Matriz de Operacionalización

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Adquisición de datos y desarrollo de IA colaborativa	La Inteligencia Artificial es una rama de las ciencias computacionales que se ocupa de símbolos y métodos algorítmicos para la resolución de problemas (Cruz P. P., 2010).	Para medir la solución de Inteligencia artificial se ha de evaluar su grado de eficacia y eficiencia en base a una serie de características que debe cumplir, siendo las más importantes: Sencillez y velocidad (Arroyo, 2014).	Eficiencia	Sencillez
			Eficacia	Velocidad

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Reconocimiento del entorno	Se trata del procesado de imagen cuyo objetivo es determinar si una imagen contiene un objeto, característica o actividad. Las técnicas actuales permiten reconocer objetos, colores, caras humanas, caracteres (Montaña Rodríguez, Molina Pulido, Moya Suesca, & Puentes Ardila, 2018).	El reconocimiento del entorno enfocado a la necesidad de este proyecto, es medido de la siguiente manera: matriz de confusión que dará información sobre el rendimiento del modelo, está nos ayuda a visualizar si el modelo esta confundido al discriminar entre dos clases (detectado – NOdetectado), a partir de la matriz de confusión surge las métricas: Precisión, Recall y Exactitud.	Precisión	Verdadero Positivo
				Falso Positivo
			Recall	Verdadero Positivo
				Falso Negativo
			Exactitud	Verdaderos Positivos
				Verdaderos Negativos
Detecciones Totales				

Anexo 3: Instrumento

FICHA DE OBSERVACIÓN DE DIAGNOSTICO DEL RECONOCIMIENTO DEL ENTORNO

Fecha y hora de inicio de pruebas: _____

Fecha y hora de final de pruebas: _____

Evaluador:

Muestra "X":


Objetivo:

1. Obtener las métricas precisión, recall, exactitud y % de la tasa de error a partir de la observación para la clasificación de "X" o "no - X" (siendo X la variable de la muestra) de acuerdo con el reconocimiento del entorno realizado por el modelo de IA de este proyecto en un centro comercial.

N° Prueba	N° de pruebas totales	% de tasa de Error	True Positive	False Positive	False Negative	True Negative	Precisión	Recall	Accuracy
1									
2									
3									
4									
n									
CANTIDAD									

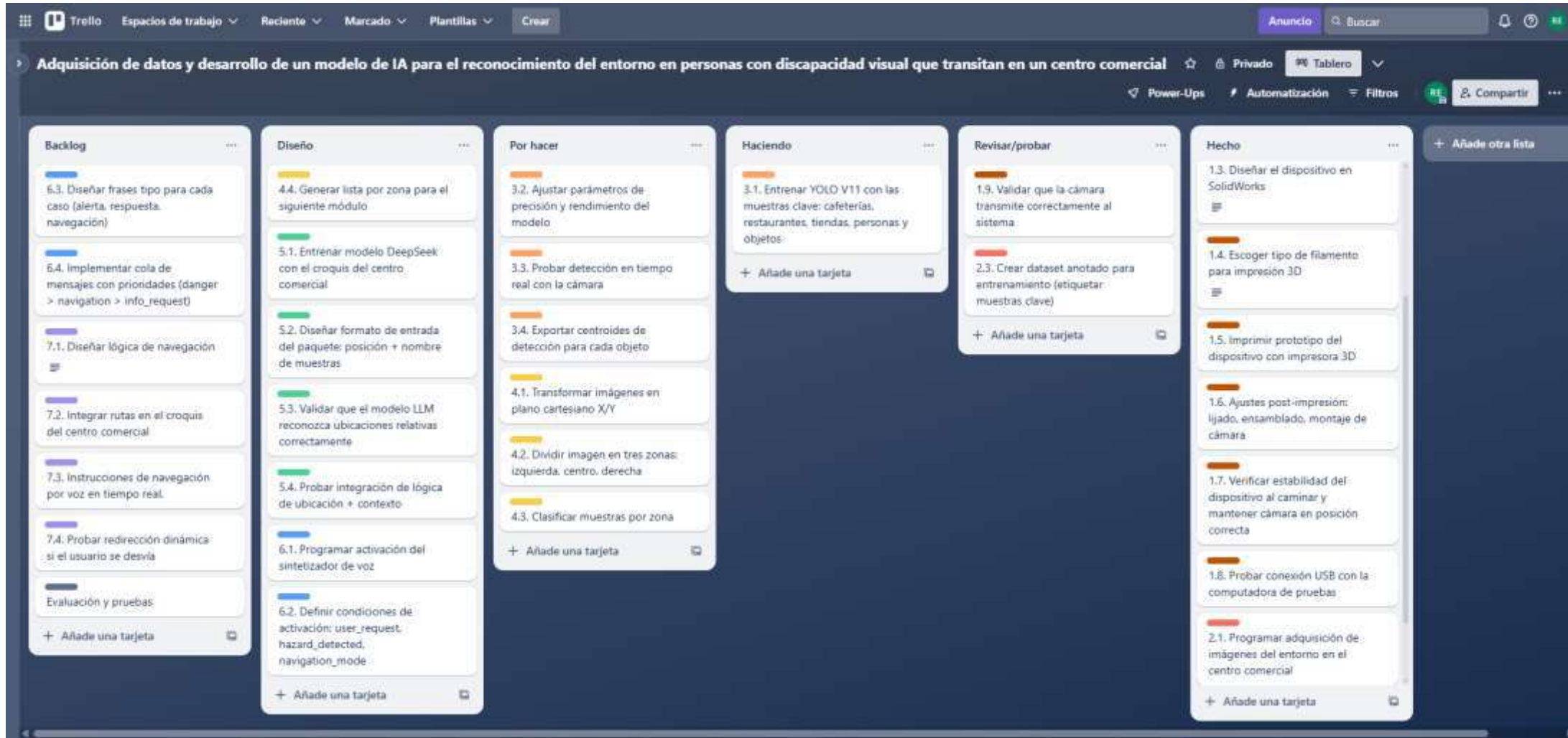
Observaciones:

Anexo 4: Validación de Instrumento

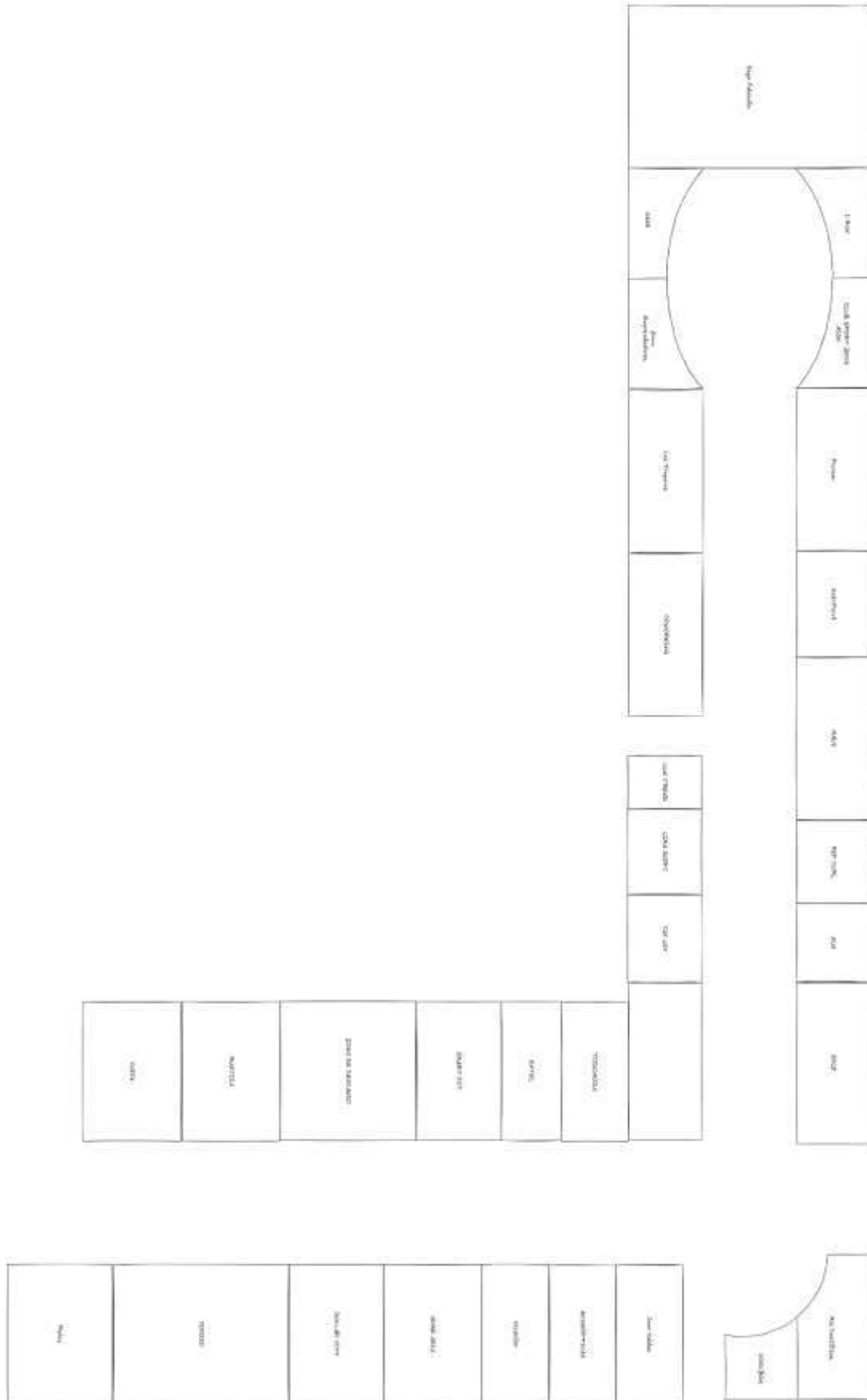
MATRIZ DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:		SOLUCIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN RECONOCIMIENTO DEL ENTORNO DE PACIENTES CON DISCAPACIDAD VISUAL DEL HOSPITAL REGIONAL DOCENTE DE TRUJILLO EN EL AÑO 2022		
Línea de investigación:		Población vulnerable		
El o los instrumentos de medición pertenece(n) a la variable:		Reconocimiento del entorno		
<p>Mediante la matriz de validación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una “X” en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.</p>				
Item s	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	SI		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	SI		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables, dimensiones o indicadores de la investigación?	SI		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	SI		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	SI		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas? - (En caso de cuestionarios)			No existen preguntas en el instrumento
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? - (En caso de cuestionarios)			No existen preguntas en el instrumento
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	SI		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? - (En caso de cuestionarios)			No existen preguntas en el instrumento
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población/muestra de estudio?		NO	No es necesario que el instrumento de medición sea accesible a la población muestreada.
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	SI		
<p>Sugerencias: Tener cuidado con el ingreso de datos de las columnas: True Positive, False Positive, True Negative, False Negative.</p>				
Nombre completo: LUIS MAURICIO GUTIÉRREZ MAGÁN DNI: 18143344 Grado MAGISTER		 Firma del Experto		

“Adquisición de datos y desarrollo de un modelo de IA colaborativa para el reconocimiento del entorno en un centro comercial con aplicación en personas con discapacidad visual”

Anexo 5: Tablero de metodología Kanban usado para el presente proyecto.



Anexo 6: Croquis centro comercial



“Adquisición de datos y desarrollo de un modelo de IA colaborativa para el reconocimiento del entorno en un centro comercial con aplicación en personas con discapacidad visual”

Anexo 7: Fase de test en un Centro Comercial

