

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LA ESTRUCTURA Y MECANISMO MEDIANTE ENSAYO NO DESTRUCTIVO DE ULTRASONIDO, CASO DE ESTUDIO DEL PROYECTO DE VINCULACIÓN SOCIAL SOLUCIONES ELECTROINDUSTRIALES PARA EL PROGRESO COMUNITARIO

ANALYSIS OF THE QUALITY OF THE STRUCTURE AND MECHANISM BY NON-DESTRUCTIVE ULTRASOUND TESTING, CASE STUDY OF THE SOCIAL LINKAGE PROJECT ELECTROINDUSTRIAL SOLUTIONS FOR COMMUNITY PROGRESS

Anthony Steven Guambo Cunalata¹, Johnatan Israel Corrales Bonilla²

{anthony.guambo3411@utc.edu.ec¹, johnatan.corrales5518@utc.edu.ec²}

Fecha de recepción: 22/12/2024 / Fecha de aceptación: 04/01/2025 / Fecha de publicación: 06/01/2025

RESUMEN: El ultrasonido es un ensayo no destructivo (END) que evalúa la integridad de las estructuras de soldadura sin dañarlas, identificando sus defectos internos como la discontinuidad, corrosión y fallos en las uniones soldadas. En la actualidad, no se aplican métodos para prevenir la discontinuidad en la soldadura de los juegos infantiles, lo que debilita su estructura y pone en riesgo la seguridad de los niños. Ante esta problemática, la investigación se centró en analizar la calidad de las estructuras y mecanismos de los juegos infantiles en el parque de la comunidad el Copal y la Josefina, Cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, utilizando el método de ultrasonido. Los resultados obtenidos en los juegos infantiles del Copal mostraron discontinuidades con profundidades de 27,3 mm (tipo A) y 98,5% de altura de onda en el columpio, y en la resbaladera fue 24,1 mm (tipo B) con un 38%, por lo que ambos fueron rechazados. En la Josefina, el columpio presentó una profundidad de 25,2 mm (tipo B) con una altura de onda del 48%, lo que provocó su rechazo; sin embargo, la resbaladera presentó una discontinuidad de 20,1 mm (tipo D) con una altura de onda del 19,5%, siendo aceptado según la norma ASTM. Estos resultados son fundamental para establecer criterios de aceptación-rechazo que garanticen la seguridad, resistencia y funcionalidad de los juegos infantiles, con la finalidad de prevenir accidentes y aumentar su durabilidad en beneficio de las comunidades.

Palabras clave: *Ensayos no destructivos ultrasonido, soldadura, Ecuador*

¹Estudiante investigador, Facultad de la ciencia y aplicada, carrera de la ingeniería electromecánica - Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC) Ecuador- La Maná, <https://orcid.org/0009-0005-8384-7227>.

²Docente investigador, Facultad de la ciencia y aplicada - Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC) Ecuador- La Maná, <https://orcid.org/0000-0003-0843-8704>.

ABSTRACT: Ultrasound is a non-destructive test (NDT) that evaluates the integrity of welding structures without damaging them, identifying their internal defects such as discontinuity, corrosion and failure of welded joints. Currently, no methods are applied to prevent discontinuity in the welding of playground equipment, which weakens its structure and puts the safety of children at risk. In view of this problem, the research focused on analyzing the quality of the structures and mechanisms of the playground equipment in the Copal and Josefina community park, Canton La Maná, province of Cotopaxi, using the ultrasound method. The results obtained in the Copal playground equipment showed discontinuities with depths of 27.3 mm (type A) and 98.5% wave height in the swing, and in the slide it was 24.1 mm (type B) with 38%, so both were rejected. In the Josefina, the swing presented a depth of 25.2 mm (type B) with a wave height of 48%, which caused its rejection; however, the slide presented a discontinuity of 20.1 mm (type D) with a wave height of 19.5%, being accepted according to the ASTM standard. These results are fundamental to establish acceptance-rejection criteria that guarantee the safety, resistance and functionality of the playground equipment, in order to prevent accidents and increase its durability for the benefit of the communities.

Keywords: nondestructive testing, ultrasound, welding, Ecuador

INTRODUCCIÓN

Los ensayos no destructivos se emplearon desde 1868, inicialmente para detectar grietas en ruedas y ejes de ferrocarril mediante campos magnéticos, con el tiempo surgió la necesidad de obtener datos cuantitativos sobre discontinuidades para predecir la vida útil de los componentes mecánicos; esto impulsó la creación de la evaluación no destructiva (END) en 1941, permitiendo evaluar materiales sin alterar sus propiedades físicas, químicas o mecánicas (1).

Es fundamental en la industria, especialmente en la fabricación de piezas metálicas, construcción y montaje de estructuras, evaluando uniones soldadas y garantizar que cumplan con los estándares de calidad o códigos de fabricación con base a la American Society of Mechanical Engineers (ASME), American Society for Testing and Materials (ASTM), Application Programming Interfaces (API). Su importancia resalta en asegurar que los materiales y procesos de soldadura sean adecuados para evitar anomalías que afecten la resistencia mecánica, obteniendo un diagnóstico rápido (2).

Los métodos de END considerados para el control de calidad de juntas soldadas de estructuras metálicas, además se realizarán varios estudios que involucran la determinación, interpretación y evaluación de los resultados de probetas certificadas hasta llegar a su validación a través de procedimientos desarrollados para los métodos de inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y ultrasonido, basados en el Código AWS D1.1.

Los END son grupos donde se puede detectar las discontinuidades de la superficie, subsuperficie de los materiales, además se clasifican las técnicas de END en cuatro categorías principales: métodos visuales, tintas penetrantes, partículas magnético y ultrasonido. Donde se encuentra varios tipos para detectar discontinuidad, inspección visual (VT), aunque han sido un recurso clave en los procesos de fabricación y mantenimiento desde la década de 1920, ya no son el método principal de evaluación de la calidad mediante elementos de prueba. En su lugar, ha surgido un amplio espectro de END, utilizados en todo el mundo para detectar variaciones en el acabado superficial, cambios estructurales, discontinuidades, mediciones de espesor y otras especificaciones de piezas y productos industriales. Estas técnicas buscan garantizar la integridad y fiabilidad de los productos, evitando fallos y accidentes (3).

Tintas penetrantes se identifican con la norma ASTM E-165, el ensayo por líquidos penetrantes como un método no destructivo para detectar discontinuidades conectadas a la superficie, como grietas, poros, laminaciones, falta de fusión y socavaduras. Además, son importantes para las industrias donde se puede encontrar defectos que no se puede visualizar, también los físicoquímicos de este método se basan en la capilaridad del líquido, que le permite infiltrarse en discontinuidades tan pequeñas como $0,1 \mu\text{m}$ ($4 \mu\text{in}$) (4).

Los END por partículas magnéticas, se basada en las leyes del magnetismo, conocida como prueba MT, se emplea para detectar discontinuidades o defectos superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos como el hierro y el acero. Debido a la naturaleza de este método, su aplicación se restringe a materiales que permiten el paso de líneas de flujo magnético. Dado que únicamente los materiales ferromagnéticos pueden ser inspeccionados mediante el método MT, es fundamental comprender previamente los principios del magnetismo y el electromagnetismo (5).

Los END por ultrasonido son una técnica ampliamente utilizada para detectar defectos internos, es un método que se basa en la emisión de ondas ultrasónicas con frecuencias superiores a 20 kHz. Al interpretar los cambios de las ondas, es posible deducir las características geométricas del material y detectar posibles anomalías. Su capacidad para operar en medios sólidos, líquidos o gaseosos los convierte en una herramienta versátil (6).

Según (7) el ultrasonido industrial es técnica de ensayo no destructivo (END) que permite identificar de manera más precisa los puntos críticos que necesitan atención para optimizar los programas de mantenimiento. Sin embargo, al tener los datos almacenados en un modelo manipulable facilita tiempo y trabajo futuro, eliminando las ineficiencias y evitando pérdidas de información. Esto puede conducir a una reducción de costos operativos y mayor vida útil de los equipos.

(8) realizó un análisis exhaustivo de uniones soldadas en tanques de almacenamiento mediante la aplicación de métodos de END, como inspección visual (VT), líquidos penetrantes (PT) y ultrasonidos (UT). Entre los métodos evaluados, el ultrasonido (UT) destacó por su alta precisión en la detección de discontinuidades internas y superficiales, siguiendo los estándares

establecidos en norma Sección V. El estudio incluyó el uso del equipo MITEC (MFD800B), optimizado mediante procedimientos de calibración específicos para diversos tipos de transductores, garantizando resultados consistentes y fiables. Esta investigación aporta una solución y propone un procedimiento para la inspección de uniones soldadas en tanques de almacenamiento utilizando el método ultrasónico como enfoque principal.

Según el estudio sobre el diseño de procedimientos de inspección de pernos mediante una técnica de ultrasonido se enfoca en las estructuras metálicas para garantizar su estabilidad y resistencia. Sin embargo, están expuestos a la corrosión y las cargas dinámicas, que pueden deteriorar su integridad con el tiempo. En Ecuador, la falta de metodologías avanzadas como los ultrasonidos representa un riesgo para la seguridad estructural. Por ello, el estudio propone una metodología específica para detectar defectos internos y mejorar la seguridad y vida útil de las estructuras. Esta técnica reduce el riesgo de degradación de pernos y muestra una alta precisión en la localización de discontinuidades con un margen de error de 0,05% en condiciones óptimas y 2,10% en condiciones menos favorables, contribuyendo significativamente a la seguridad y confiabilidad de las estructuras (9).

En el trabajo (10) mencionan que en su estudio utilizan la transmisión de ondas ultrasónicas como método no destructivo para caracterizar las propiedades elásticas de los materiales compuestos en aplicaciones que requieren alta relación resistencia/peso. Debido a su anisotropía y la falta de normativas estos materiales presentan una variación considerable en sus propiedades. La técnica se utiliza en materiales isotrópicos como acero 1045, aluminio 1060 y vidrio, permitiendo evaluar diferentes direcciones con una sola muestra. No obstante, esta debe ser plana, paralela y de espesor pequeño en materiales de alta atenuación. Además, se midieron compuestos epoxi con diferentes fibras, demostrando que la técnica es eficaz para caracterizar propiedades elásticas de materiales compuestos.

Por otro lado, (11) en su artículo determinan que la construcción de un banco de END en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná permite a los estudiantes de electromecánica adquirir conocimientos prácticos y realizar ejercicios aplicados en la detección de discontinuidades y evaluación de materiales sin afectar sus propiedades. Destaca la importancia del uso de instrumentos, como el Ultrasonido Yut-2600, capaces de identificar desequilibrios volumétricos en la pieza a inspeccionar, contribuyendo al control de calidad industrial. Este enfoque mejora la precisión en la detección de defectos o irregularidades en los materiales o componentes examinados asegurando el cumplimiento de estándares regulatorios y promoviendo la confiabilidad estructural en diversas aplicaciones industriales.

(12) en su artículo exponen que el ultrasonido industrial es una técnica clave en las pruebas no destructivas, especialmente en la industria petrolera, que está sujeta a estrictas regularizaciones en cuanto a la integridad mecánica de sus equipos. Este estudio se enfoca en evaluar la capacidad del ultrasonido industrial para mejorar la precisión en la evaluación de la integridad mecánica de tuberías y tanques. Se identificó parámetros de medición mediante el análisis no destructivo, revelando variaciones en los porcentajes de pérdida de espesor que oscilan entre 42,36 % y 82,89

%. Además, se destaca la importancia del método para salvaguardar información relacionada con la ciberseguridad, al permitir la identificación de espesores críticos en elementos poco accesibles para otros instrumentos, así como la detección de otros tipos de imperfecciones que podrían ser objeto de evaluación en futuras investigaciones.

El objetivo de esta investigación fue analizar la calidad de las estructuras y mecanismos de los juegos infantiles del proyecto de vinculación social “Soluciones Electroindustriales para el Progreso Comunitario”, empleando métodos de ensayos no destructivos mediante ultrasonido

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el parque de la comunidad el Copal y la Josefina, Cantón La Maná, provincia de Cotopaxi con el apoyo de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Se evaluó la calidad de la estructura y el mecanismo del proyecto de vinculación social, para el progreso comunitario, utilizando ensayos no destructivos como herramienta principal para identificar discontinuidad.

Se seleccionó, el columpio y resbaladera como estructura fija, para ello se consideró criterios como el estado de conservación y funcionalidad. La selección se realizó de acuerdo con las técnicas normativas internacionales aplicables como fue la (13).

Para los procesos de soldadura se empleó una soldadora inversora modelo LINCOLN ELECTRIC AC/DC K1297, con una salida en corriente alterna (CA) de 225 A y en corriente directa (CD) de 125 A. Se inició limpiando polvo, grasa u otros contaminantes del columpio de acero, ya que estos podían interferir con la transmisión de las ondas ultrasónicas.

La soldadora fue utilizada con electrodos de acero dulce y de bajo hidrógeno, así como electrodos inoxidables y de recubrimientos duros, para electrodos de diámetro 3/16” (4.8 mm) se operó en modo CA con una salida de hasta 225 A, mientras que para electrodos de 1/8” (3.2 mm) se empleó la configuración en CD con una salida de 125 A, mediante interruptores montados en el panel frontal con una frecuencia de 60 A, por el grosor del material.

El transductor se posicionó firmemente sobre la superficie del columpio y se fue moviendo de manera uniforme a lo largo de las zonas críticas, como las uniones, soldaduras y puntos sometidos a mayor tensión, emitiendo ondas ultrasónicas que penetraron en el acero y se reflejaron de regreso al receptor del transductor al encontrar irregularidades internas.

Criterio de aceptación- rechazo para ultrasonido

La norma ASTM (American Society for Testing and Materials), esto proporciona criterios de aceptación y rechazo en la muestra de ultrasonido en los materiales. De igual manera estos criterios, estableciendo límites de aceptación para detectar fallas y defectos. Por lo tanto,

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LA ESTRUCTURA Y MECANISMO MEDIANTE ENSAYO NO DESTRUCTIVO DE ULTRASONIDO, CASO DE ESTUDIO DEL PROYECTO DE VINCULACIÓN SOCIAL SOLUCIONES ELECTROINDUSTRIALES PARA EL PROGRESO COMUNITARIO

garantizado las evaluaciones confiables y eficientes de la integridad y calidad del material, las normas son fundamentales para mantenimiento de la seguridad y confiabilidad.

Tabla 1. Criterios de aceptación-rechazo AWS D1.1.

Criterio de aceptación- rechazo para ultrasonido (conexiones no tubulares estáticamente cargadas)												
Espesor de la soldadura en pulgadas (mm) y ángulo del palpador												
Clase de severidad de discontinuidad	5/6 a 3/4 [8-20]	> 3/4 a 1-1/2 [20-38]	> 1-1/2 a 2-1/2[38-65]			> 2-1/2 a 4 [65-100]			> 4 a 8 [100-200]			
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	
Clase A	+ 5 y menor	+ 2 y menor	-2 y menor	+ 1 y menor	+3 y menor	-5 y menor	-2 y menor	0 y menor	-7 y menor	-4 y menor	- 1 y menor	
Clase B	+6	+3	-1	+2	+4	-4	-1	+1	-6	-3	0	
Clase C	+7	+4	+1	+4	+6	-2*	+1	+3	-4a	-1a	+2	
			+2	+5	+7	+2	+2	+4	+2	+2	+3	
Clase D	+8 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+6 y mayor	+8 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+4 y mayor	

El espesor de la soldadura en juntas a tope debe ser el espesor nominal de la pieza más delgada de dos partes que están siendo unidos.

Fuente: (14)

La Clase A se refiere a discontinuidades grandes, y cualquier indicación que se presente debe ser rechazada, sin importar su longitud.

En el caso de la Clase B, se refiere a discontinuidades de tamaño medio, y cualquier indicación con una longitud mayor a 3/4 de pulgada (20mm) debe ser rechazada.

Para la Clase C, que se refiere a discontinuidades pequeñas, cualquier indicación con una longitud mayor a 2 pulgadas (50mm) debe ser rechazada.

La Clase D, que se refiere a discontinuidades menores, cualquier indicación debe ser aceptada sin importar su localización o longitud en la soldadura.

Instrumentos

A continuación, se describen los materiales y el equipo con sus componentes, necesarios para la inspección del ensayo no destructivo mediante ultrasonido.

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LA ESTRUCTURA Y MECANISMO MEDIANTE ENSAYO NO DESTRUCTIVO DE ULTRASONIDO, CASO DE ESTUDIO DEL PROYECTO DE VINCULACIÓN SOCIAL SOLUCIONES ELECTROINDUSTRIALES PARA EL PROGRESO COMUNITARIO

Tabla 2. Materiales y equipo.

MATERIALES	
Materiales	Equipo
Calibrador o pie de rey	YUT-2600
Cabezal de contacto y angular	



Figura 1. Juegos de la comunidad el Copal y la Josefina de la parroquia de Guasaganda.

Norma AWS D1.

En esta norma está consignada en una serie de exigencias que se debe tener en cuenta para poder aplicar este código en la inspección y evaluación de soldaduras.

Procedimiento

El procedimiento se esquematiza en la Figura 2.

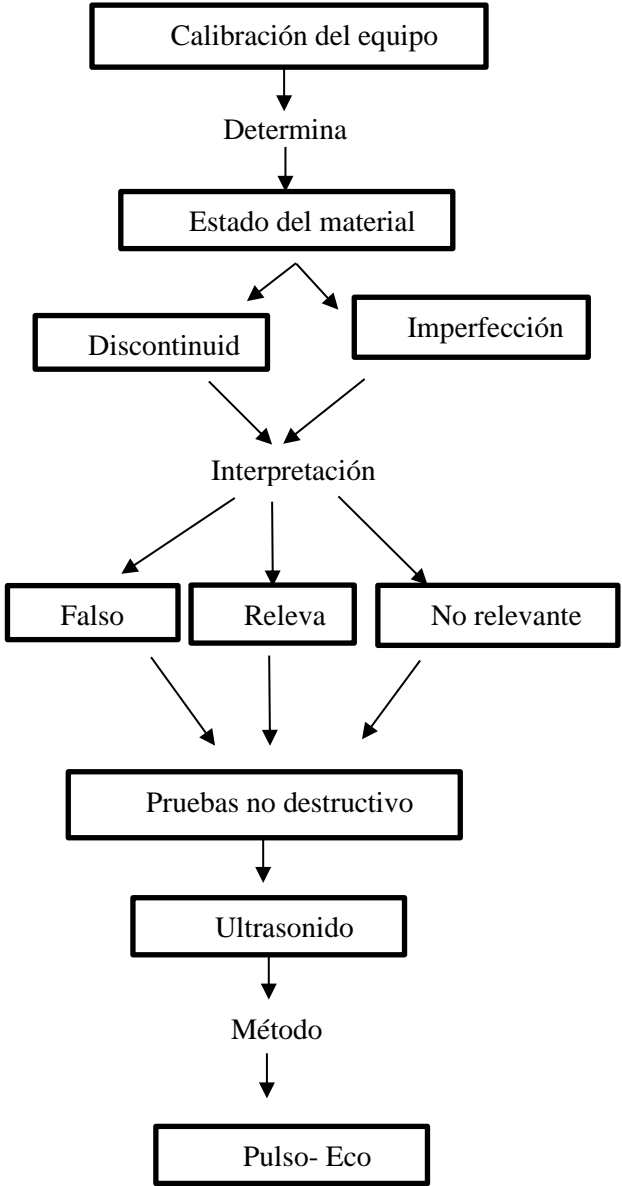


Figura 2. Proceso para el ensayo no destructivo mediante ultrasonido.

El equipo debe estar previamente calibrado y tener ingresados los parámetros de ajuste para el ensayo que permite determinar el estado del material. Se evalúa si existe discontinuidad o imperfección. Si la discontinuidad es relevante, se realizan pruebas no destructivas utilizando el método de ultrasonido, el cual incluye dos variantes: Pulso-Eco. Cada método implica aplicar un haz ultrasónico al material y realizar un análisis detallado.

El Pulso-Eco mide la distancia y tiempo que tarda el eco en regresar, proporcionando información sobre el grosor y la estructura interna del material. Mientras que la Resonancia analiza las vibraciones del material para detectar defectos y discontinuidades internas. Finalizada la inspección se realizó un informe y se generó el reporte con los datos relevantes de cada medición teniendo como respaldo el gráfico de la inspección permitiendo diagnosticar la existencia de defectos en la soldadura.

RESULTADOS

Los resultados se analizaron a partir de la calibración del equipo, en la que se ajustaron los parámetros para realizar el ensayo no destructivo por ultrasonidos según la norma ASTM y los criterios de aceptación o rechazo en función de las discontinuidades presentes en la soldadura de los juegos infantiles de la comunidad el Copal y la Josefina de la parroquia Guasaganda, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi.

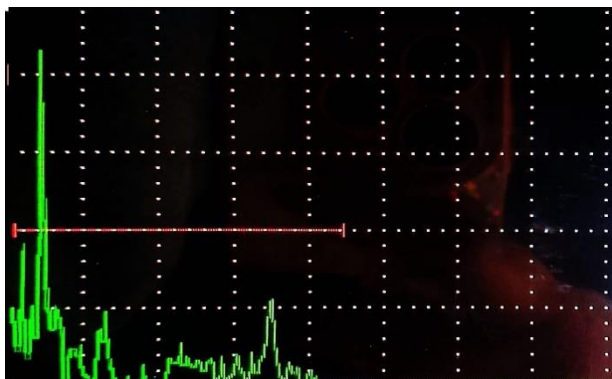
Tabla 3. Parámetros del análisis de ultrasonido del columpio de la comunidad el Copal

Ganancia	Ángulo	Velocidad del sonido
78, 1	69.1º	5920 m/s
Espesor del trabajo	Frecuencia de prueba	Altura de onda
8 mm	5 mhz	98,5%
Tipo de sonda	Amortiguación	Método
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco
Análisis de discontinuidad		
Profundidad	Clase	Resultado del ensayo
27,3 mm	A	Rechazado

Análisis de ultrasonido del columpio de la comunidad el Copal

En la Tabla 3 se muestra los parámetros utilizados en el análisis de ultrasonido realizado en el columpio de la comunidad el Copal, revelando una discontinuidad a una profundidad de 27,3 mm. Esta se clasificó como tipo A, correspondiente a defectos de gran magnitud o discontinuidades grandes que deben ser rechazadas, sin importar su longitud.

Figura 3. Discontinuidad del columpio



Análisis de ultrasonido de la resbaladera de la comunidad el Copal

El análisis realizado mediante el método de ultrasonido en la resbaladera de la comunidad el Copal, evidenció una discontinuidad a una profundidad de 24,1 mm, clasificada como tipo B, siendo una discontinuidad de tamaño medio que debe ser rechazada ver en la Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros del análisis de ultrasonido de la resbaladera de la comunidad el copal.

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
78, 1	69.1º	5920 m/s
Espesor del trabajo	Frecuencia de prueba	Altura de onda
7,8 mm	5 mhz	38 %
Tipo de sonda	Amortiguación	Método
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco
Análisis de discontinuidad		
Profundidad	Clase	Resultado del ensayo
24,1 mm	B	Rechazado

Figura 4. Indicación de la discontinuidad del columpio.



Análisis de ultrasonido del columpio de la comunidad de la Josefina

El análisis de ultrasonido realizado en el columpio de la comunidad la Josefina, reveló una discontinuidad a una profundidad de 25,2 mm, clasificada como tipo B, haciendo referencia a discontinuidades de tamaño medio que deben ser rechazadas. Este resultado demuestra que discontinuidades de este tipo afectan negativamente la integridad estructural de la soldadura (15).

Tabla 5. Parámetros del análisis de ultrasonido del columpio de la comunidad la josefina.

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67,0	69.1º	5920 m/s
Espesor del trabajo	Frecuencia de prueba	Altura de onda
8 mm	5 mhz	48 %
Tipo de sonda	Amortiguación	Método
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco
	Análisis de discontinuidad	
Profundidad	Clase	Resultado del ensayo
25,2 mm	A	Rechazado

Figura 5. Indicación de la discontinuidad del columpio.



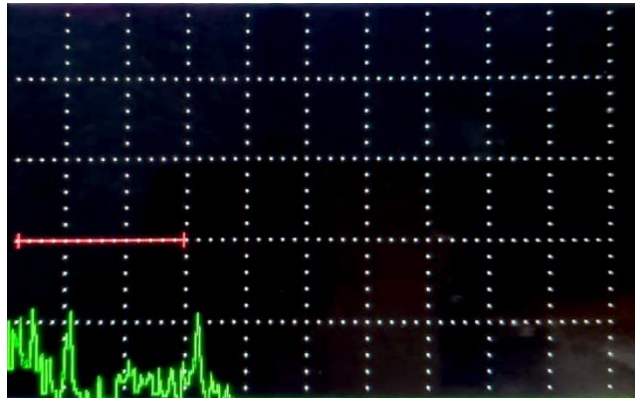
Análisis de ultrasonido de la resbaladera de la comunidad La Josefina

El análisis realizado mediante el método de ultrasonido en la resbaladera de la comunidad la Josefina, no evidenció discontinuidad y obtuvo una profundidad de 20,1 mm, siendo clasificada como tipo D, que se refiere a discontinuidades menores, siendo esta aceptada sin importar su localización o longitud en la soldadura. La tabla 6 muestra los parámetros utilizados para la investigación.

Tabla 6. Parámetros del análisis de ultrasonido de la resbaladera columpio de la comunidad la Josefina.

Ganancia	Angulo	Velocidad del sonido
67,0	69.1º	5920 m/s
Espesor del trabajo	Frecuencia de prueba	Altura de onda
7,9 mm	5 mhz	19,5 %
Tipo de sonda	Amortiguación	Método
MonoCristal angular	50 ohmios	Pulso-eco
	Análisis de discontinuidad	
Profundidad	Clase	Resultado del ensayo
20,1mm	D	Aceptada

Figura 6. Indicación de la discontinuidad del columpio.



DISCUSIÓN

Esta se clasificó como tipo A, correspondiente a defectos de gran magnitud o discontinuidades grandes que deben ser rechazadas, sin importar su longitud. Además, estudios recientes, como los de (14), menciona que discontinuidad de este tipo deben ser reparadas inmediatamente para prevenir fallos estructurales, ya que, según los criterios de evaluación al estar clasificada como Clase A, se consideran inaceptables al comprometer la seguridad estructural de los juegos infantiles.

Por otro lado, la altura de onda alcanzó el 98,5%, detectando una discontinuidad grande que indicó la presencia de un defecto interno severo clasificado como una grieta de solidificación (15). Según estándares de la norma la (16), los defectos con amplitudes superiores al 90% requieren atención inmediata, ya que representan un riesgo para los usuarios. Esto se debe a que compromete la estabilidad y seguridad estructural. Por ello, se debe realizar una inspección para evitar fallos que puedan afectar su funcionalidad y estabilidad a largo plazo.

Los parámetros utilizados en la tabla 4, permitieron detectar la discontinuidad en una zona difícil acceso, siendo similares a los utilizados en el estudio de (17), para evaluar uniones soldadas.

Según la norma (18), indica que una altura de onda con el 38%, se relaciona con una discontinuidad de porosidad en la soldadura. Por otro lado, (19) señala que este porcentaje podría indicar defectos internos que pueden comprometer la estabilidad estructural, destacando la efectividad del ultrasonido como método para detectar imperfecciones en estructuras.

La tabla 5 muestra los parámetros utilizados para la investigación que permitieron detectar la discontinuidad en el columpio facilitando una evaluación precisa del material.

Asimismo, se obtuvo una altura de onda del 48%, denominada como grieta de solidificación según la norma (17), siendo esta un defecto que compromete la integridad estructural del material (figura 5). Por otro lado, (20), destacan la efectividad del ultrasonido en la detección y clasificación de los defectos internos en la estructura de la soldadura, ya que permite identificar grietas, porosidad y otras discontinuidades de forma precisa destacando la importancia de la seguridad estructural de la soldadura.

La tabla 6 muestra los parámetros utilizados para la investigación. De acuerdo con la norma (17), se registró una altura de onda del 19,5%. Este tipo de discontinuidad de baja intensidad no afecta la integridad estructural de la soldadura, dado que cumple con los criterios de aceptación, sin importar su tamaño o localización (Figura 6). Mientras que, la investigación de (21), señala que discontinuidades con bajos porcentajes de altura de onda son aceptados y no influyen en la funcionalidad ni la resistencia estructural de la soldadura de los juegos infantiles. De esta forma, se garantizó que la pieza analizada es segura para los usuarios, cumpliendo con los estándares establecidos en la norma AWS D1.1 para su correcto funcionamiento.

CONCLUSIONES

El análisis realizado en el columpio y la resbaladera de la comunidad El Copal y La Josefina identificaron discontinuidades de diferentes tipos y profundidades, que llevaron al rechazo o aceptación del material según los parámetros establecidos por la norma AWS D1.1. En El Copal, el columpio presentó una profundidad de 27,3 mm (tipo A) con una altura de onda de 98,5%, lo que evidenció una grieta de solidificación siendo rechazado el material. Mientras que la resbaladera presentó una profundidad 24,1 mm (tipo B) con una altura de onda del 38%, relacionada con la porosidad, lo que también llevó a su rechazo. En La Josefina, el columpio presentó una profundidad de 25,2 mm (tipo B) con una altura de onda del 48%, siendo rechazo el material, mientras que la resbaladera presentó una profundidad de 20,1 mm (tipo D) con una altura de onda del 19,5%, permitiendo su aceptación al no comprometer la seguridad estructural. El uso del ultrasonido permitió realizar una evaluación no destructiva muy eficaz, detectando con precisión defectos internos. Los resultados obtenidos de ambas comunidades resaltan la importancia de realizar inspecciones periódicas de las estructuras siendo fundamental para establecer criterios de aceptación-rechazo que garanticen la seguridad, fiabilidad y funcionalidad de las estructuras, con la finalidad de prevenir accidentes y fortalecer la durabilidad de los juegos infantiles en beneficio de la comunidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tasigchana, P. (2023). Ensayos no descriptivos de los materiales.
2. Ospina, R. (2021). Aplicación and selection of non-destructive test for the evaluation of welded joints. *Scientia et Technica* Año XVI, 48.
3. Bastos, J. (2022). Inspección de integridad mecánica mediante ensayos no destructivos para caldera pirotubular.

4. Gómez, S., & Izquierdo, J. (2021). Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes para evaluar la calidad de la soldadura, en una tina utilizada para fermentar mosto de mortiño con una capacidad de 1000 lt, ubicada en la comunidad de quinticusig.
5. Fuentes, J., & Núñez, J. (2023). Diseño y construcción de un banco de pruebas de ensayos no destructivos para inspecciones mediante partículas magnéticas fluorescentes (mt) para el laboratorio de materiales de la carrera de mecánica.
6. Serrano, R. (2023). Ensayos no destructivos: Ultrasonidos
7. Villavicencio, G. (2015). Estudio de los métodos de ensayos no destructivos bajo la norma api 650 y su incidencia en la evaluación de juntas soldadas en tanques de almacenamiento.
8. Oliva, M. (2024). Diseño de procedimientos de inspección de pernos mediante una técnica de ultrasonido en base a documentos estandarizados aplicables y obtención de patrones de examinación.
9. Martínez, J., & Reyes, J. (2021). Banco de pruebas para la caracterización elástica de materiales compuestos mediante ultrasonido
10. Quintana, P., & Sánchez, L. (2023). Implementación de un banco de pruebas de ensayos no destructivos para la carrera de electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.
11. Romero, D., & Brito, G. (2023). Ultrasonido Industrial Aplicado en Ensayos no Destructivos para la Evaluación de Integridad mecánica de líneas y/o recipientes a precisión en la industria petrolera orientado hacia la ciber resiliencia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 1298–1318. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.7805
12. ASTM E543. (2021). Specification for Agencies Performing Nondestructive Testing. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/E0543>
13. Carlos, P. (2024). Determinación de los parámetros de soldadura y su efecto en la microempresa y las propiedades mecánicas en aceros antidesgastes T-500 soldados mediante proceso SMAW.
14. Alcocer, F. (2021). Evaluación de la calidad de procesos de soldadura a través de realidad aumentada.
15. Araque de los Ríos, O. J. (2015). Caracterización de discontinuidades típicas en soldadura, utilizando la técnica de Ultrasonido Pulso Eco-Scan A. *Scientia et Technica*, 20(04).
16. ISO 5817. (2023). Uniones soldadas por fusión en acero, níquel, titanio y sus aleaciones (excluido el soldeo por haz de electrones). Niveles de calidad para las imperfecciones. www.une.org
17. AWS D1.1. (2016). Código de soldadura estructural- Acero. American Welding Society.
18. Miño, B. (2020). Determinación, interpretación y evaluación de discontinuidades en juntas soldadas de estructuras metálicas por ensayos no destructivos, basado en el código AWS D1.1
19. Canga, A., & Beltrán, C. (2019). Control de calidad en la soldadura de la estructura metálica del terminal de transporte terrestre del cantón Gualaceo de la provincia del Azuay”.
20. AWS D1.1. (2016). Código de soldadura estructural- Acero. American Welding Society.
21. . Serrano, R. (2023). Ensayos no destructivos: Ultrasonidos
22. Aguas, E., & García, T. (2019). Estudios de discontinuidades en juntas soldadas mediante el método de ultrasonido por arreglo de fases.

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LA ESTRUCTURA Y MECANISMO MEDIANTE ENSAYO NO DESTRUCTIVO DE ULTRASONIDO, CASO DE ESTUDIO DEL PROYECTO DE VINCULACIÓN SOCIAL SOLUCIONES ELECTROINDUSTRIALES PARA EL PROGRESO COMUNITARIO

23. Castelú, P. (2018). Plan de mantenimiento predictivo mediante ensayos no destructivos en aducciones de agua superficial para la represa tuni condoriri a planta de el alto. EPSAS – La Paz.
24. Serrano, R. (2023). Ensayos no destructivos: Ultrasonidos.