

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE
AREQUIPA**

ESCUELA DE POSGRADO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y
URBANISMO**



TESIS

**BRECHA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN LA
CONSTRUCCIÓN: INDICADORES DE USO A PARTIR
DEL MÉTODO 6 – SIGMA EN EMPRESAS
CONSTRUCTORAS INMOBILIARIAS EN LA REGIÓN
AREQUIPA**

Tesis presentada por la Bachiller:

**XIMENA ELIZABETH LUQUE
CASTILLO**

**PARA OPTAR EL GRADO
ACADÉMICO DE MAESTRA EN
CIENCIAS CON MENCIÓN EN:
GERENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN**

Asesor:

Mag. EDGAR GARCÍA ANCO

Arequipa-Perú

2022

Resumen

Actualmente la investigación en nanotecnología y el desarrollo de productos se llevan a cabo activamente en muchas industrias, por ejemplo, en los sectores de fabricación, electrónica y salud, debido a esto han surgido diversos estudios que permiten comprender la forma de aplicación, beneficios y riesgos de estos materiales.

Esta investigación trata de entender la nanotecnología en el contexto de la construcción y explora el escenario actual de la nanotecnología en la industria de la construcción. Por ello, la presente investigación, mediante un enfoque metodológico mixto y un alcance descriptivo identifica las principales barreras para esta aplicación de nanotecnología en la construcción y analiza cuál de ellas son las más influyentes y relevantes que no permiten esta introducción de nanotecnología en la industria en Arequipa aplicando el Método 6 Sigma y un método estadístico que garantiza la confiabilidad en los resultados y análisis de datos, de esta manera los resultados permiten conocer cuáles son los indicadores de uso más recurrentes.

Para esto, un total de 14 empresas participaron en la encuesta, encuestando a 31 informantes (investigadores e involucrados en construcción) revelando que los indicadores que influyen más en estas brechas de utilización son las económicas, Tecnológicas y Sociales, demostrando así que la realidad de Arequipa es similar a la realidad general de los países en vías de desarrollo.

Palabras clave: Nanotecnología, Nanomateriales, Nanotecnología en la construcción, Industria en la construcción, Proyectos inmobiliarios.

Abstract

Currently nanotechnology research and product development are actively carried out in many industries, for example, in the manufacturing, electronics and health sectors, due to these various studies have emerged that allow us to understand the form of application, benefits and risks. of these materials.

This research tries to understand nanotechnology in the context of construction and explores the current scenario of nanotechnology in the construction industry. For this reason, this research, through a mixed methodological approach and a descriptive scope, identifies the main barriers to this application of nanotechnology in construction and analyzes which of them are the most influential and relevant that do not allow this introduction of nanotechnology in the industry in Arequipa applying the 6 Sigma Method and a statistical method that guarantees reliability in the results and data analysis, in this way the results allow knowing which are the most recurrent use indicators.

For this, a total of 14 companies participated in the survey, surveying 31 informants (researchers and those involved in construction) revealing that the indicators that most influence these utilization gaps are the economic, technological and social ones, thus demonstrating that the reality of Arequipa is similar to the general reality of developing countries.

Keywords: Nanotechnology, Nanomaterials, Nanotechnology in construction, Construction industry, Real estate projects.

Dedicatoria

A Dios. Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres, Raúl y Eleana por ser mi apoyo incondicional y motivo de alegrías.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de San Agustín y en especial a la Catedra de la Maestría en Gerencia de la Construcción, a los docentes que imparten sus conocimientos y por la oportunidad de permitirme realizar este estudio de investigación.

Al laboratorio de Películas Delgadas de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de San Agustín, por permitirme hacer una investigación práctica sobre los nanomateriales.

Tabla de Contenido

Resumen.....	1
Abstract	2
Dedicatoria	3
Agradecimientos	4
Tabla de Contenido	5
Índice de Tablas.....	7
Índice de Figuras	9
Introducción.....	10
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1. Antecedentes	12
1.2. Justificación.....	16
1.3. Enunciado.....	17
1.4. Objetivos	18
1.4.1. Objetivo general.....	18
1.4.2. Objetivos específicos.....	18
1.5. Delimitación del estudio	18
1.5.1. Alcances.....	18
1.5.2. Limitaciones de estudio.....	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.2. Bases teóricas.....	25
2.2.1. Nanotecnología en la construcción.....	25
2.2.2. Brechas entre investigadores y empresas constructoras	27
2.2.3. Método Six Sigma.....	27
2.2.4. Análisis PESTEL	30
2.3. Bases conceptuales	31
2.3.1. Nanotecnología en la construcción.....	31
2.3.2. Brechas entre investigadores y empresas constructoras	31
2.3.3. Indicadores PESTEL.....	32
2.4. Marco conceptual	23
2.5. Conclusiones.....	24
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	25
3.1. Enfoque de investigación	25

3.2.	Tipo de investigación.....	27
3.3.	Hipótesis.....	27
3.4.	Variables y operacionalización	28
3.5.	Diseño metodológico por objetivos	28
3.7.1.	Fichas de revisión de literatura	34
3.7.2.	Entrevista cerrada virtual	34
3.7.3.	Infografía Informativa	34
3.7.4.	Encuesta Analítica	34
3.7.4.1.	Método.....	35
CAPÍTULO IV: MARCO REAL.....		36
4.1.	Introducción	36
4.2.	Objeto de Estudio.....	36
–	Nanotecnología en la construcción.....	36
4.3.	Objeto real (ámbito).....	38
–	Investigadores científicos.....	38
–	Empresas constructoras Inmobiliarias	39
4.4.	Conclusiones	43
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS		44
5.1	Análisis de la información	44
5.2	Análisis de resultados.....	44
5.2.1	Resultados para el objetivo específico 1.....	44
5.2.2	Resultados para el objetivo específico 2.....	46
5.2.3	Resultados para el objetivo específico 3.....	48
5.2.4	Resultados para el objetivo específico 4.....	58
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		76
6.1.	Conclusiones.....	76
6.2.	Recomendaciones	78
REFERENCIAS.....		79
APÉNDICES		85

Índice de Tablas

Tabla 1: Nanomateriales utilizados o en estudio para ser aplicados en el sector de la Construcción	25
Tabla 2: Resumen de Oferta de Viviendas en la Ciudad de Arequipa.....	42
Tabla 3: Resumen de Búsqueda de literatura	45
Tabla 4: Resultados 1 - Entrevista	46
Tabla 5: Resultados 2 - Entrevista	47
Tabla 6: Resultados 3 - Entrevista	47
Tabla 7: Datos Variable Independiente.....	58
Tabla 8: Baremo – Variable Independiente	59
Tabla 9: Porcentajes válidos - VI Transformada.....	59
Tabla 10: Datos Variable Dependiente	60
Tabla 11: Baremo – Variable Dependiente	60
Tabla 12: VD Transformada.....	60
Tabla 13: Tabla Cruzada VI Transformada – VD Transformada	61
Tabla 14: Datos Indicador político.....	62
Tabla 15: Baremo – Indicador político	62
Tabla 16: Porcentajes válidos – Indicador político.....	62
Tabla 17: Tabla Cruzada Indicador político – VD transformada.....	62
Tabla 18: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador político.....	63
Tabla 19: Datos Indicador económico.....	63
Tabla 20: Baremo – Indicador económico	64
Tabla 21: Porcentajes válidos – Indicador económico	64
Tabla 22: Tabla Cruzada Indicador económico – VD transformada.....	64
Tabla 23: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador económico.....	65
Tabla 24: Datos Indicador social	65
Tabla 25: Baremo – Indicador social	66
Tabla 26: Porcentajes válidos – Indicador social.....	66
Tabla 27: Tabla Cruzada Indicador social – VD transformada.....	66
Tabla 28: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador social.....	67
Tabla 29: Datos Indicador tecnológico.....	67
Tabla 30: Baremo – Indicador tecnológico.....	68
Tabla 31: Porcentajes válidos – Indicador tecnológico	68
Tabla 32: Tabla Cruzada Indicador tecnológico – VD transformada	68

Tabla 33: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador tecnológico	69
Tabla 34: Datos Indicador ambiental	69
Tabla 35: Baremo – Indicador ambiental	70
Tabla 36: Porcentajes válidos – Indicador ambiental	70
Tabla 37: Tabla Cruzada Indicador ambiental – VD transformada	70
Tabla 38: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador ambiental	71
Tabla 39: Indicador legal	71
Tabla 40: Baremo – Indicador legal.....	72
Tabla 41: Porcentajes válidos – Indicador legal	72
Tabla 42: Tabla Cruzada Indicador legal – VD transformada	72
Tabla 43: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador legal	73
Tabla 44: Tabla resumen de resultados	73
Tabla 45: Clasificación de consistencia interna	74
Tabla 46: Estadística de fiabilidad	75

Índice de Figuras

Figura 1: Nanofuncionamiento global.....	21
Figura 2: Principales áreas de actividad	22
Figura 3: Secuencia temporal de la innovación material en la industria de la construcción.....	23
Figura 4: Enfoques de fabricación descendente y ascendente de nanomateriales.....	27
Figura 5: Metodología DMAIC para la empresa	30
Figura 6: Esquema de base conceptual.....	22
Figura 7: Proceso general de la investigación	25
Figura 8: Diagrama del enfoque de investigación	27
Figura 9: Estructura del Marco Real	36
Figura 10: Perspectivas teóricas respecto al marco normativo en nanotecnología	37
Ilustración 11: Índice de Competitividad Regional 2021	40
Figura 12: Demografía y Años de experiencia.....	49
Figura 13: Posición del encuestado.....	49
Figura 14: Participación actual de empresas constructoras en nanotecnología	50
Figura 15: Repercusión de la implementación de la Nanotecnología	51
Figura 16: Principales barreras en la aplicación de nanomateriales en construcción	51
Figura 17: Información existente de nanotecnología en construcción.....	52
Figura 18: Impacto del uso de Nanotecnología en construcción.....	54
Figura 19: Importancia de los nanomateriales en la Industria de la construcción	55
Figura 20: Potencial de los nanomateriales en la Industria de la construcción.....	56
Figura 21: Intención de uso de nanotecnología en construcción	57
Figura 22: VI Transformada	59
Figura 23: VD Transformada	61
Figura 24: Indicador político – VD Transformada	63
Figura 25: Indicador económico – VD transformada	65
Figura 26: Indicador social – VD transformada	67
Figura 27: Indicador tecnológico – VD transformada	69
Figura 28: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador ambiental	71
Figura 29: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador legal.....	73

Introducción

La investigación y el desarrollo de productos en nanotecnología se llevan a cabo activamente en medicina y muchas industrias. Pocos estudios han presentado las posibles áreas de aplicación de la nanotecnología y las necesidades de la industria de la construcción al tiempo que no se han identificado los beneficios y las barreras de su aplicación. Las investigaciones por parte de ciencias como la Física, Ingeniería de Materiales y Química, por nombrar algunas, han tomado el mando en la investigación y el desarrollo en nanotecnología; sin embargo, la industria de la construcción no asume un rol de interés y mucho menos de liderazgo.

Con un conocimiento adecuado de los productos y técnicas potenciales que se ofrecen a través de una inversión en nanotecnología, la industria de la construcción puede mejorar potencialmente la eficiencia de sus procesos y ofrecer mejores resultados a sus clientes.

Lamentablemente en el sector construcción del Perú se tiene el pensamiento de que las nuevas tecnologías son costosas, pero no se investiga el aporte económico, social y, porque no, medioambiental que puede generar. La industria de la construcción se resiste a incorporar estas tecnologías innovadoras en sus prácticas comunes a pesar de los avances drásticos demostrados.

Por lo tanto, esta tesis buscará analizar la brecha de utilización de la nanotecnología en la construcción (investigadores - empresas constructoras) a partir del Método 6 Sigma, considerando el contexto y características de los involucrados. Para ello se dividirá en 2 partes, la primera parte comprende la búsqueda y análisis de información basada en nanotecnología en la construcción y a las brechas de su utilización, y la segunda parte, enfocada en realizar un análisis de brecha entre la situación actual teniendo en cuenta indicadores PESTEL para su evaluación.

Para ello, la presente tesis se divide en 6 capítulos, en el primer capítulo se fundamenta la investigación frente a la problemática encontrada, y se definen los objetivos de la investigación, en el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico, donde se presentan los antecedentes de la investigación, las bases teóricas, las bases conceptuales y el marco normativo aplicable al problema estudiado; en el tercer capítulo se desarrolla la metodología empleada en la investigación donde se detalla las técnicas e instrumentos que emplean para llevar a cabo la tesis; en el cuarto capítulo se presenta un análisis de la

situación actual de la nanotecnología en el entorno de estudio y la relación entre los involucrados en la investigación (investigadores – empresas constructores); en el quinto capítulo se presenta el análisis e interpretación de los resultados obtenidos. Finalmente, en el capítulo 6 se ofrecen las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la investigación.

Con la información y datos obtenidos se llegó a la conclusión que el factor crítico que afecta la implementación exitosa son los factores sociales, económicos y técnicos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Innovación en la construcción

“La industria de la construcción es acusada constantemente de ser conservadora y no ser innovadora. La forma en que se maneja, como se impulsa y los procesos limitados en innovación están estrechamente relacionados con las características de la industria de la construcción y su evolución.” (Bygballe, L. E., & Ingemansson, M. 2014). Dicha afirmación va de acorde a lo hallado en diversas investigaciones que concluyen en que la industria de la construcción es conocida por sus prácticas laborales tradicionales.

Los procesos de innovación juegan un papel importante para satisfacer las crecientes necesidades de la industria y mantener una ventaja competitiva para las empresas. Una gran cantidad de estudios en el sector de la construcción muestra que las nuevas tecnologías tienen un efecto positivo en la productividad, la eficiencia y la seguridad en general. Por ejemplo, las innovaciones en biotecnología y materiales están permitiendo el desarrollo de nuevos materiales y procesos inteligentes que pueden reducir el impacto de la escasez de recursos naturales. (Klosova, D., & Kozlovská, M. 2020, June)

A pesar de conocerse los diversos beneficios y ventajas, “el proceso de adopción de tecnologías nuevas e innovadoras es muy lento e inseguro debido a la complejidad, la naturaleza conservadora de las empresas constructoras y el alto riesgo de implementación.” (Klosova, D., & Kozlovská, M. 2020, June)

El reciente Simposio Internacional sobre Innovación en la Construcción en Ottawa (Consejo Nacional de Investigación de Canadá, 2001) escuchó a altos directivos de grandes organizaciones acerca de muchos enfoques innovadores exitosos en prestación de servicios, tecnología, regulación y otros campos relacionados. El consenso del Simposio fue que la innovación se está convirtiendo en la principal herramienta competitiva para lograr una mayor penetración de mercado y una mayor rentabilidad. Esta visión también se refleja en un estudio reciente de la industria de la construcción en Chile, donde la innovación es impulsada por el aumento de los requisitos de los clientes, una mayor competencia en el mercado y la globalización. (Serpell, A. and Ocaranza, R. 2001)

Una explicación de esta tendencia reciente es que las empresas de construcción pueden simplemente llegar tarde a este juego de competencia global. Porter (1998) y otros

sugieren que, durante los últimos 20 años, las empresas han respondido cada vez más al desafío de una calidad superior y precios más bajos mediante la mejora continua de su eficacia operativa.

Nanotecnología en la construcción

Una de las tecnologías que están en aumento de estudio es la nanotecnología. Teizer, J., et al. (2012) aseguran que existen pocos estudios que han demostrado las áreas de aplicación potencial de la nanotecnología y las necesidades de la industria de la construcción, a pesar que han identificado los beneficios de estos materiales. Algunos sectores de la industria de la construcción siguen la investigación y el desarrollo en nanotecnología; sin embargo, la industria no asume un papel de liderazgo.

Existen muchas pruebas tangibles donde se puede ver las propiedades que aporta la nanotecnología a los materiales de construcción tradicionales. Por ejemplo: la introducción de refuerzos de nanofibras en el concreto puede reducir potencialmente la necesidad de refuerzos de acero, de igual manera agregar nanopartículas al concreto puede reducir el cronograma de construcción debido a un tiempo de colocación más corto. La aplicación de la nanotecnología a la construcción, en algunos casos, puede resultar en avances visionarios y rompedores de paradigmas (Teizer, J., et al., 2012). De igual manera, Hanus, M. J., & Harris, A. T. (2013), sostienen que la nanotecnología tiene el potencial de reducir el impacto ambiental y la intensidad energética de las estructuras, así como mejorar la seguridad y disminuir los costos asociados con la infraestructura civil.

Muchas innovaciones basadas en nanotecnología tienen impactos significativos y de gran alcance y son muy apreciadas durante las acreditaciones de Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED), Green Star (Australia) o similares. La nanotecnología y los nanomateriales con aplicaciones en la industria de la construcción se encuentran en diversas etapas de desarrollo que van desde ideas conceptuales hasta productos disponibles comercialmente. El conocimiento de las aplicaciones de la nanotecnología en la construcción entre el personal industrial es, sin embargo, notablemente bajo.

Es por ello que, “los profesionales de la construcción no pueden ignorar los avances potenciales que aporta la nanotecnología. Debido a que estos cambios revolucionarios pueden ocurrir muy rápidamente, solo las entidades bien posicionadas podrán capitalizar eficientemente los desarrollos venideros.” (Teizer, J., et al. 2012).

Beneficios y barreras de la implementación de la nanotecnología

Los cambios en las propiedades de los materiales de construcción es uno de los principales beneficios del área, dando así, aplicaciones que mejorarán las características de los materiales de construcción como el hormigón, acero, vidrio y materiales aislantes, etc. Muchos problemas de construcción actuales y los requisitos del proceso de construcción pueden mejorarse utilizando nanotecnología. (Khandve, P., 2014)

Es por ello que, en los últimos años, se han realizado estudios para mejorar la resistencia de los materiales, aumentar su durabilidad, reducir la contaminación ambiental al reducir la huella de carbono del edificio. Además, los nanomateriales aplicados a las superficies de los elementos estructurales de una estructura pueden contribuir a la limpieza ambiental mediante reacciones fotocatalíticas. (Vigneshkumar, C., 2014)

La sostenibilidad se está convirtiendo en un tema muy importante en el mundo, en arquitectura y construcción es muy importante ofrecer sostenibilidad, “el objetivo principal es lograr la protección de la salud humana y el medio ambiente. La nanotecnología ofrece una gran cantidad de materiales y aplicaciones en el campo de la arquitectura y la construcción que pueden afectar positivamente para lograr una nanoarquitectura sostenible.” Mohamed, A. S. Y. (2015)

Así mismo, existen también riesgos debido a la aplicación de nanomateriales, lo cual desemboca en algunas limitaciones y desventajas de los nanomateriales y, por consiguiente, en su uso en la industria de la construcción. Según Khandve, P. (2014), esto se puede dar por las siguientes razones:

- La falta de conocimiento sobre los nanomateriales adecuados para la construcción y su comportamiento;
- La falta de estándares específicos para el diseño y ejecución de los elementos constructivos utilizando nanomateriales;
- La reducida oferta de nanoproductos;
- La falta de información detallada sobre el contenido de nanoproductos;
- Altos costos;
- Las incógnitas de los riesgos para la salud asociados con los nanomateriales.

De igual manera, encontramos estudios que manifiestan que existe riesgo para la salud humana basado en la función de la toxicidad de los materiales utilizados y, por otra parte,

originado por el nivel de exposición en estos materiales, dependiendo de los distintos tipos del trabajo. Tsotsis, G. (2018)

Rompiendo las barreras de la implementación

Considerando lo antes mencionado, Klosova, D., & Kozlovská, M. (2020, June) sostienen que el desarrollo de tecnologías o materiales nuevos y únicos es un proceso complejo y duradero. Pueden pasar décadas para que una nueva tecnología alcance el nivel de la industria y años para reemplazar completamente las tecnologías y métodos antiguos en la industria.

La industria de la construcción es uno de los principales factores que contribuyen al crecimiento de la economía y el empleo en cada país, pero aún tiene la menor intención de investigación y desarrollo. Al respecto, se formulan las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué tecnologías de la industria de la construcción están asociadas a tecnologías innovadoras?
- ¿Qué tecnologías innovadoras se han utilizado ampliamente en la industria de la construcción en los últimos años?
- ¿Qué tecnologías innovadoras todavía no se utilizan mucho?
- ¿Cuáles son los obstáculos a la adopción e implementación de nuevas tecnologías innovadoras?

Esto presupone que los profesionales dentro del entorno de la construcción deben estar completamente familiarizados con los principios de la construcción innovadora para implementar su práctica. Djokoto, S. D., et al. (2014) considera que no solo se supone que estén bien informados, si no que deben formar un equipo integrado desde la concepción hasta el inicio del uso del material, que comprenda al desarrollador/propietario, gerente de proyecto, contratista, arquitecto, ingeniero de servicios, ingeniero estructural, ingeniero civil, ingeniero ambiental, planificador de costos, etc.

Este equipo necesita tener la mejor información disponible sobre productos y herramientas para usar tecnologías innovadoras; sin embargo, Williams y Dair (2007) identificaron que este no era el caso. En su investigación, la evidencia de obstáculos

debido a la falta de información fue una experiencia común a la mayoría de los grupos de partes interesadas.

De igual manera “las partes interesadas admitieron no estar al tanto de medidas o alternativas que son de su competencia. De manera similar, la instalación de tecnologías y materiales nuevos requiere nuevas formas de competencias y conocimientos; sin embargo, de la investigación se desprende que no todas las personas con responsabilidades en esta área tenían la experiencia o los conocimientos necesarios para enfrentar el desafío.” Djokoto, S. D., et al. (2014)

“La fuerza laboral de cada industria es su columna vertebral, como tal, la necesidad de involucrar a profesionales que no solo tengan conocimientos, sino que puedan promover la construcción sostenible trabajando en equipo.” Djokoto, S. D., et al. (2014). Esta barrera, si no se atiende, indicará una brecha considerable de conocimientos y habilidades en el sector de la construcción.

1.2. Justificación

Klosova, D., & Kozlovská, M. (2020) sostiene que, a pesar de las ventajas dadas de muchas tecnologías, su adopción generalizada por parte de las empresas constructoras aún no ha tenido lugar. Estas tecnologías envuelven no solo nuevos materiales si no diferentes niveles de innovación, por ejemplo, Cloud Computing, Mobile Computing, BIM o Modularization que según Klosova (2020) han vencido las primeras brechas de utilización y por lo que actualmente están disponibles en varias partes del mundo.

El desarrollo de tecnologías o materiales nuevos y únicos es un proceso complejo y duradero. Puede tomar muchos años para que una nueva tecnología alcance el nivel de la industria y así mismo para reemplazar completamente las tecnologías y métodos antiguos en la industria.

La innovación en nanotecnología se ve obstaculizada por falta de datos y limitaciones de conocimiento en la evaluación de los riesgos e impactos de sus productos. La alta desarticulación de los investigadores con el empresariado se refleja en el número de productos o soluciones con muy baja viabilidad comercial. En muchos de los casos, no hay una estructura de investigación de mercado que soporte los esfuerzos de científicos e investigadores en la definición estratégica de precios, licenciamientos, canales de distribución, alianzas estratégicas, compensaciones y retornos de inversión.

Las empresas manufactureras también son fuentes clave de innovación, ya que pueden ser proveedores y desarrolladores de nuevas soluciones que las empresas constructoras pueden utilizar. Bygballe, L. E., & Ingemansson, M. (2014).

Por lo tanto, la innovación está influenciada por las relaciones entre los individuos y las empresas dentro de la industria y entre la industria y las partes externas. También se consideran importantes las relaciones con “agentes de innovación”, como instituciones profesionales, universidades y organismos de investigación de la construcción (Blayse & Manley, 2004). Sin embargo, la industria generalmente no les da el crédito a estas fuentes de información externas.

Además, estudios empíricos previos han demostrado que la industria se caracteriza por la desconfianza y el escepticismo arraigados en el comportamiento antagónico y el conflicto entre los actores (Dainty, Briscoe y Millett, 2001).

Con el avance de la nanotecnología, surgen desafíos con respecto a la evaluación de sus riesgos y beneficios potenciales. En este contexto, se propone la integración de los NMs para su evaluación y posterior toma de decisiones en el proceso de aplicaciones de la nanotecnología en proyectos de construcción.

Por lo expuesto, se evidencia la necesidad de investigaciones de las diversas aplicaciones de los nanomateriales tienen el potencial de tener importantes beneficios económicos, ambientales y sociales, pues, si bien Wigger, H., et al. (2015) sostiene que una evaluación adecuada de las innovaciones basadas en nanomateriales exige su inclusión no solo en la salud humana, medio ambiente, sino también, en aspectos relacionados con la gestión sostenible de materiales.

1.3. Enunciado

En consecuencia, la aplicación de la nanotecnología en la construcción es todavía una actividad fragmentada y desconocida fuera del círculo científico. Esto deriva en una falta de conciencia y percepciones negativas de la nanotecnología entre los profesionales de la construcción. Para rectificar esta negatividad, se necesitan acciones integradas para la investigación y desarrollo, para la vigilancia tecnológica y la transferencia de conocimientos en la industria de la construcción.

Según el problema planteado en la investigación, es fundamental el análisis e identificación de las brechas entre investigadores y empresas constructoras para poder conocer la limitación en su aplicación teniendo en cuenta indicadores de uso.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar la brecha de utilización de la nanotecnología en la construcción (investigadores - empresas constructoras) a partir del Método 6 Sigma para identificar las barreras más influyentes, con la finalidad de aplicar indicadores de uso (PESTEL) en empresas constructoras inmobiliarias líderes en la región Arequipa.

1.4.2. Objetivos específicos

- Entender el concepto de brechas de utilización de nanotecnología en construcción.
- Identificar que brechas aparecen ante la utilización de nanotecnología en la construcción.
- Identificar los indicadores de Uso PESTEL influyentes en la utilización de nanotecnología en la construcción a través del Método 6 Sigma en empresas constructoras.
- Determinar los indicadores que reducen las brechas en el uso de la nanotecnología en la construcción.

1.5. Delimitación del estudio

- Delimitación espacial: Este estudio comprende a los investigadores y las empresas constructoras en la región de Arequipa, para identificar sus brechas y a la vez proponer la aplicación de NMs. Debido a que el mercado inmobiliario en Arequipa ha crecido sustancialmente y está en posición de usar nuevas tecnologías.
- Delimitación Temporal: el desarrollo de la tesis comprende un periodo de 6 meses, iniciando en julio del 2020.
- El análisis se realizará con el método 6 Sigma y su metodología DMAIC, con ello se identificará el factor crítico de las brechas existentes en nanotecnología.

1.5.1. Alcances

- Es de interés del trabajo incentivar una cultura en el uso adecuado de los materiales nanotecnológicos en proyectos de construcción.

- Cambiar la percepción de las empresas constructoras en Arequipa en la innovación de la construcción para su confort y mejora de calidad de vida.
- A partir de los resultados difundir y promover el uso de nanomateriales a la industria de la construcción.

1.5.2. Limitaciones de estudio

Las principales limitaciones en esta investigación serán asociadas a la recolección de información por parte de las empresas constructoras. Es por ello que las principales limitaciones que se encontró en el desarrollo de la presente tesis fueron:

- La aparición del Covid 2019, originando una pandemia global. La afectación principal se dio en la recopilación de los datos para los instrumentos de la encuesta y la entrevista. Por ello se aplicará encuestas de manera virtual.
- La falta de registro de la utilización de los materiales en obras inmobiliarias privadas.
- La falta de actualización de datos referentes a nanotecnología en el ámbito de los investigadores.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Según Bribián, I (2011) el uso de materiales innovadores en la construcción preserva los recursos naturales, reduce contaminación, ofrece beneficios específicos para el propietario y los ocupantes del edificio. Sin embargo, los proyectos de construcción siguen aplicando solo materiales tradicionales. El uso de materiales sostenibles en la construcción encuentra varios obstáculos, y el principal es el desconocimiento de las ventajas que ofrecen. Como lo indica Olar, R. (2011), para poder utilizar en la industria de la construcción los nanomateriales a gran escala es necesario que las investigaciones que se realicen siguiendo las próximas etapas: la elección de nanomateriales con uso potencial en la construcción y el estudio de sus características; el estudio del comportamiento de los elementos constructivos que contienen nanomateriales; el desarrollo de normas de diseño y construcción.

Los resultados de un estudio indican que el interés comercial de más del 40% de todas las empresas de nanotecnología está en el sector de materiales o está estrechamente relacionado con él (Zhu et al. 2004).

Al igual que en las industrias manufacturera y automotriz, la construcción depende en gran medida de las materias primas y los materiales de construcción. Muchos estudios ya han clasificado a la industria de la construcción entre las 10 principales áreas para la aplicación potencial de la nanotecnología. Salamanca-Buentello et al. (2005) correlacionaron las 10 aplicaciones principales de la nanotecnología con los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), una clasificación de impacto de la nanotecnología proporcionada por las Naciones Unidas (ONU). Los pronósticos para el uso de la nanotecnología en la construcción muestran que se espera que el mercado de nanomateriales en la construcción crezca de menos de 100 millones en 2011 a 1.750 millones de dólares en 2025.

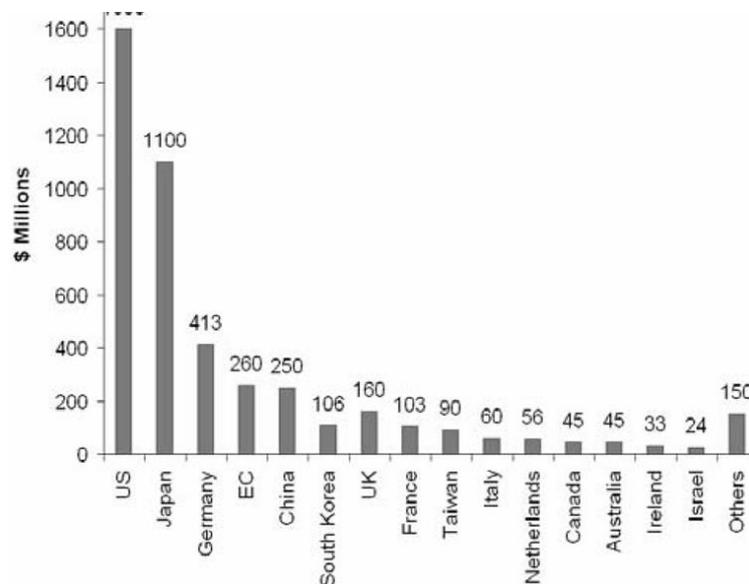
El 73% de este mercado estará relacionado con revestimientos, el 12% con compuestos y el 15% restante con otros productos (Freedonia 2004). Las siguientes secciones proporcionan una revisión básica y una comprensión de la nanotecnología relacionada con la construcción.

- **Nanotecnología y nanomateriales**

La Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI) en los Estados Unidos, lanzada en 2000, puede considerarse como el punto de partida para los programas de investigación en nanotecnología entre las principales economías del mundo. Sin embargo, la financiación de la nanociencia ya estaba establecida en muchas regiones del mundo en ese momento, siendo Europa líder en nanomateriales desde mediados de la década de 1980. Hasta ahora, muchos otros países han dedicado considerables programas de investigación y desarrollo y financiación a la nanotecnología. Venugopal, M., et al. (2009)

Las encuestas de mercado recientes, indican que Estados Unidos lidera la financiación de la investigación relacionada con la nanotecnología

Figura 1: Nanofuncionamiento global



Fuente: Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI)

“La nanotecnología y los nanomateriales con aplicaciones en la industria de la construcción se encuentran en varias etapas de desarrollo que van desde ideas conceptuales hasta productos disponibles comercialmente.” (van Broekhuizen, P., et al. 2011). Una revisión de la literatura sobre nanopartículas y nanomateriales encontró que el dióxido de titanio (TiO₂) y los nanotubos de carbono (CNT) son dos de los materiales primarios que probablemente tengan una mayor aplicación en la construcción (Liu, S. 2009).

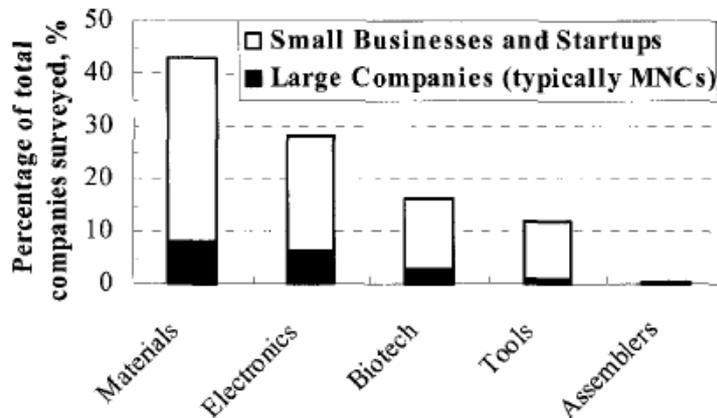
Las nanopartículas de sílice, alúmina, magnesio, calcio y arcilla también pueden tener un efecto significativo en la construcción.

- **Nanofabricación y Técnicas de nano-fabricación**

La nano fabricación es el modelado y la fabricación de características con dimensiones inferiores a 100 nm. Existe una amplia variedad de técnicas que son capaces de crear nanoestructuras con varios grados de calidad, velocidad y costo (Chen y Pépin 2001). La nanofabricación abarca todos los procesos de construcción de estructuras, características, dispositivos y sistemas a nanoescala.

La comercialización de la nanotecnología se está llevando a cabo en un espectro muy amplio de segmentos industriales y geografías. Zhu, W., et al. (2004) demuestra con una encuesta hecha a de 227 empresas en todo el mundo realizada por In Realis durante 2000-2001 indicó que alrededor del 40% de las empresas estaban principalmente en el sector de materiales, como se muestra en la Figura 3. Otras áreas importantes de desarrollo comercial fueron la electrónica, la biotecnología (productos farmacéuticos, atención médica, etc.) y herramientas. Sin embargo, la categoría de ensambladores que cubre el objetivo a largo plazo de la nanotecnología molecular (por ejemplo, fabricación mediante autorreplicación) tuvo poca aplicación comercial.

Figura 2: Principales áreas de actividad



Fuente: In Realis, 'A critical investor's guide to nanotechnology', Feb. 2002.

- Nanotecnología en el Perú

Latinoamérica está muy lejos, una vez más, de ser un protagonista en el mundo de las nanociencias y nanotecnología. “Brasil, México y Argentina responden por casi la totalidad de artículos publicados en esta área. En el caso de Perú, desde hace un poco más de una década que algunos grupos de investigación iniciaron sus actividades en nanociencias con el apoyo de la cooperación internacional. Según el I Simposio Peruano de Nanotecnología la mayor parte de grupos de investigación se concentra en Lima (Universidad Nacional de Ingeniería, Universidad Nacional Mayor de San Marcos y

Pontificia Universidad Católica del Perú) y en menor magnitud en Arequipa y Trujillo.”
Aguirre Bastos, C., et al. (2008)

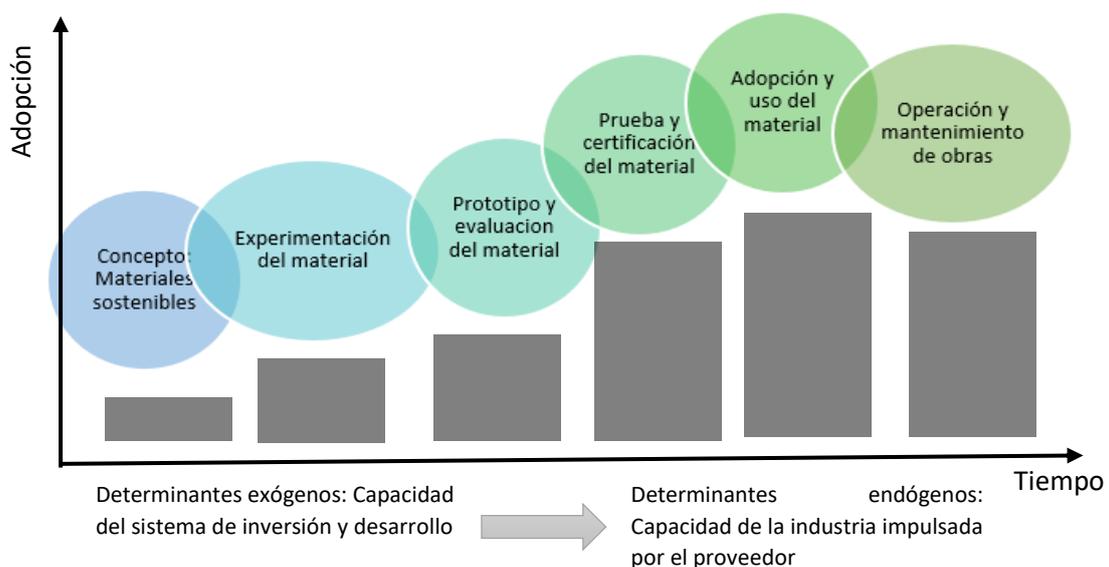
En el Perú, las actividades vinculadas a la investigación y difusión de la nanotecnología son todavía reducidas, aunque se han incrementado considerablemente a pesar de no estar incorporadas dentro de una iniciativa específica de gobierno, como en otros países.

Vínculos entre actores

Según Vega-Centeno, M., et al. (2007) “El Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CONCYTEC), como órgano rector de las actividades en Ciencia y Tecnología es el principal promotor a través del financiamiento de proyectos concursables y la coordinación entre las unidades de investigación y los usuarios potenciales de esta nueva tecnológica. Formalmente, la nanotecnología constituye uno de los ejes temáticos del Programa Nacional de Materiales, que a su vez es parte del Proyecto Nacional de Ciencia y Tecnología 2006-20021 (PNCYT).

Es importante que los proyectos en nanotecnologías sean elaborados por los sectores académicos y empresariales con criterios de factibilidad técnica y prioridad social. Así mismo, se debe promover reuniones de discusión entre investigadores, principalmente de las especialidades de física, química, biología e ingeniería, con el propósito de unificar los esfuerzos de investigación y formar redes multidisciplinarias e interinstitucionales.

Figura 3: Secuencia temporal de la innovación material en la industria de la construcción.



Fuente: Arora, S. K., Foley, R. W., Youtie, J., Shapira, P., & Wiek, A. (2014).

De igual manera, en la *Figura 3* se puede ver diferentes fases del desarrollo de un modelo de adopción de productos nanotecnológicos.

Cada fase se asienta sobre un pilar, lo que representa el objetivo previsto y el período de tiempo en el que se desarrollan cada fase. Entre estos pilares, donde las fases se superponen, se producen transiciones críticas, tanto de personalidad, como de responsabilidad entre sus actores. Cada importante que se encuentra en medio del ciclo de vida de un nuevo material nanotecnológico representa una interfaz crítica entre el sistema de inversión y desarrollo en tecnología en la industria de la construcción dominada por los proveedores. Es aquí donde se evidencia dos intervenciones de política, y es en este punto que las empresas constructoras asumen una mayor responsabilidad para adquirir el conocimiento necesario para adoptar un nuevo material. Arora, et al. (2014).

Perspectivas de desarrollo

Según Vega-Centeno, M., et al. (2007) todavía hay una limitada percepción de las ventajas o riesgos de la nanotecnología en el público no especialista. Aunque se debe reconocer que la demanda de información es mayor que la capacidad de respuesta. Con cierta frecuencia la prensa escrita y televisiva recurre a las universidades en busca de información, pero debido al limitado número de investigadores dedicados al tema, se pierde la oportunidad de llegar al gran público.

Es importante que los sectores más informados comuniquen a todos los niveles sociales el impacto que las nanotecnologías van a tener en un futuro cercano, y que mantenerse al margen del conocimiento solo incrementará la vulnerabilidad del país frente a los grandes problemas de la región como la salud, alimentación, vivienda, contaminación, con el consiguiente perjuicio económico y social.

Revisión de los beneficios y barreras de la implementación de la nanotecnología en la construcción

La nanotecnología se puede utilizar para procesos de diseño y construcción en muchas áreas, ya que los productos generados por nanotecnología tienen muchas características únicas. Estas características pueden, nuevamente, solucionar significativamente los problemas de construcción actuales y pueden cambiar los requisitos y la organización del proceso de construcción. El uso de nanotecnología en materiales de construcción proporciona productos que son para: materiales estructurales más ligeros y resistentes,

revestimiento de bajo mantenimiento, mejora de materiales y técnicas de unión de tuberías, mejores propiedades de los materiales cementosos, reducir la tasa de transferencia térmica del retardante de fuego y el aislamiento, aumentar la absorción acústica del absorbente acústico Aumentar la reflectividad del vidrio. Khandve, P. (2014)

Aparte del desarrollo, las propiedades y las innovaciones que ofrece el uso de la nanotecnología en el sector de la construcción los últimos años, cada vez más estudios presentan también los peligros que este tipo de materiales pueden contener para la salud humana y ambiental. Se ha demostrado que la peligrosidad propia de los nano-materiales está relacionada fundamentalmente con su tamaño, forma, estructura, solubilidad y estado de agregación o de aglomeración y con el nivel de exposición a estos nano-materiales. Respecto a estos peligros se han realizado varios estudios sobre su evaluación y a continuación sobre la evaluación de posibles medidas preventivas que quizás fuesen necesarias. Tsotsis, G. (2018).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Nanotecnología en la construcción

Nanomateriales en la construcción

En general, la nanotecnología tiene varias aplicaciones en el campo de la ingeniería, especialmente en el área de la ingeniería civil. Se puede mejorar una enorme cantidad de materiales mediante el uso de nanotecnología, algunas de las cuales incluyen vidrio, concreto y acero.

Tabla 1: Nanomateriales utilizados o en estudio para ser aplicados en el sector de la Construcción

Material de construcción	Nanopartícula	Beneficio dado	Referencias
Concreto	SiO ₂	Reducción de la corrosión; resistencia mejorada.	(Van Broekhuizen et al., 2011; Saleh et al., 2018)
	TiO ₂	Hidratación rápida; autolimpieza; durabilidad aumentada.	(Raki et al., 2010; Van Broekhuizen et al., 2011; Saleh et al., 2019)
	Fe ₂ O ₃	Resistencia a la abrasión; resistencia a la compresión mejorada.	(Raki et al. 2010)
	CNTs	Prevención de grietas; mayor durabilidad.	(Ge and Gao, 2008; Raki et al., 2010)

Cerámica	SiO ₂	Refrigerante; transmisión de luz; resistente al fuego.	(Lee et al., 2010)
	CNTs	Propiedades térmicas y mecánica mejorada.	(Luo et al., 2004)
Vidrio	SiO ₂	Vidrio antirreflejos; protección contra incendios; autolimpieza.	(Mann, 2006; Rana et al., 2009; Van Broekhuizen et al., 2011)
	TiO ₂	Superhidrofilicidad; anti - empañamiento; abordaje, Resistencia.	(Irie et al., 2004; Kontos et al., 2007; Van Broekhuizen et al., 2011; Zhu et al., 2004)
Recubrimientos	SiO ₂	Autolimpiante; retardante de fuego.	(Jones et al., 2017; Van Broekhuizen et al., 2011)
	TiO ₂	Autolimpiante; propiedades hidrofóbicas.	(Van Broekhuizen et al., 2011)
	Ag	Actividad biocida.	(Kumar et al., 2008)
Acero	Cu	Soldabilidad; resistencia a la corrosión.	(Ge and Gao, 2008)
Celdas solares	TiO ₂	Generación de electricidad fuera de los servicios públicos.	(Zhu et al., 2004)
	CNTs	Mediación electrónica eficaz.	(Zhang et al., 2006)

Fuente: Nanomaterials in construction and their potential impacts on human health and the environment. Kamali, s., et al. (2019)

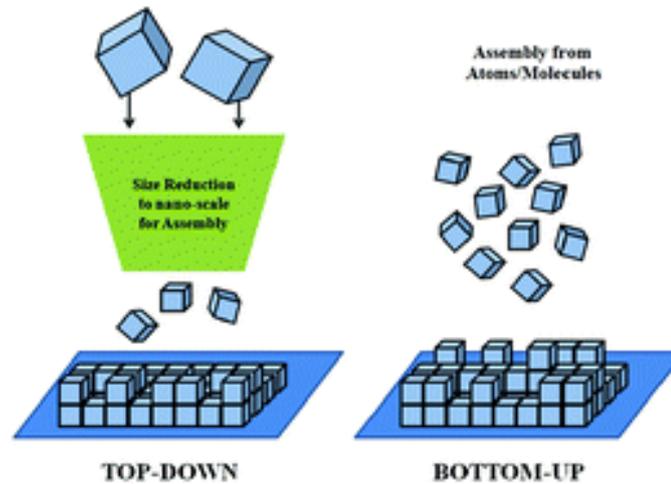
Métodos de obtención de nanomateriales

Gates (2005) nos dice que dentro de los enfoques de fabricación de nanomateriales existen las categorías “ascendente” y “descendente”. En el enfoque ascendente, los materiales y dispositivos se construyen a partir de componentes moleculares hasta que un dispositivo alcanza un nivel de complejidad y funcionalidad. El proceso incluye fuerzas químicas o físicas que operan a nanoescala mediante el uso de impresión por contacto, impresión, humectación/deshumectación espinodal, atrapamiento láser/pinzas, ensamblaje y unión, crecimiento de plantilla, electrostático, agregación coloidal y procesamiento confocal de dos fotones (Biscarini et al. 2002).

En el enfoque de arriba hacia abajo, los nano-objetos se construyen a partir de entidades más grandes sin control de nivel atómico. El enfoque se puede resumir como “un conjunto de herramientas diseñadas para construir un conjunto más pequeño de herramientas” (Xia, Y., et al. 1999). Incluye litografía, deposición y crecimiento de película delgada,

procesamiento de haz láser, mecánica, litografía de nanoimpresión y eliminación de material electroquímico.

Figura 4: Enfoques de fabricación descendente y ascendente de nanomateriales



Fuente: Allam, S. Z. *Nanoscience and Nanotechnology in Architecture*.

2.2.2. Brechas entre investigadores y empresas constructoras

Actualmente, el uso de nanomateriales en la construcción es reducido, principalmente por las siguientes razones: el desconocimiento sobre los nanomateriales adecuados para la construcción y su comportamiento; la falta de estándares específicos para el diseño y ejecución de los elementos constructivos utilizando nanomateriales; la reducida oferta de nanoproductos; la falta de información detallada sobre el nanoproducto; altos precios; las incógnitas de los riesgos para la salud asociados con los nanomateriales. Olar, R. (2011)

Así mismo, Olar, R. (2011) menciona que para poder utilizar nanomateriales a gran escala en la industria de la construcción es necesario que las investigaciones se realicen siguiendo las siguientes etapas: la elección de nanomateriales con potencial uso en la construcción y el estudio de sus características; el estudio del comportamiento de los elementos constructivos que contienen nanomateriales bajo diversas cargas; el desarrollo de estándares específicos de diseño y construcción.

2.2.3. Método Six Sigma

Six Sigma es definido por Linderman et al. (2003) como "un método organizado y sistemático para la mejora de procesos estratégicos y el desarrollo de nuevos productos y servicios que se basa en métodos estadísticos y el método científico para realizar reducciones drásticas en los defectos definidos por el cliente".

Todo esto se podría resumir en una frase “Six Sigma representa una métrica, una filosofía de trabajo y una meta”, (Valderrey Sanz, 2010). Con esta frase viene a decirnos que Six Sigma pretende medir los procesos según las exigencias del cliente, por un lado, la orientación a la mejora continua como filosofía de empresa por otro y conseguir eliminar los defectos como objetivo.

Investigaciones académicas, como Zu et al. (2008) y Schroeder et al. (2008), han tratado de determinar qué elementos de Six Sigma lo hacen efectivo. Además de su estructura de funciones y su enfoque en las métricas, el procedimiento de mejora estructurado de Six Sigma se considera una contribución novedosa y eficaz a la gestión de la calidad. Este procedimiento de mejora se conoce generalmente con el acrónimo DMAIC, que significa Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

Six Sigma y su método DMAIC surgieron y se desarrollaron en la práctica. Se basa en conocimientos del campo de la ingeniería de calidad incorporando ideas del control de calidad estadístico, la gestión de calidad total y el control de calidad. Su amplia adopción en la práctica justifica un análisis científico crítico. Un aspecto de una evaluación científica de Six Sigma es comparar críticamente sus principios con los conocimientos de las teorías científicas establecidas. De Mast, J., & Lokkerbol, J. (2012).

2.2.3.1. Fases del método DMAIC

De acuerdo a Pérez-López, E., & García-Cerdas, M. (2014) el método DMAIC se clasifica de la siguiente manera:

Fase de definición: se identifican los posibles procesos que pueden aprovechar el método Seis Sigma, es decir se definen los problemas y situaciones a mejorar.

Fase de medición: consiste en la caracterización del objetivo que buscamos: características clave del proceso (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan el funcionamiento del proceso y las características o variables clave. A partir de esta caracterización, se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso. Principalmente se busca obtener información del proceso actual y evaluar el rendimiento de referencia.

Fase de análisis: el equipo analiza los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma, el equipo confirma los determinantes

del proceso, es decir, las variables clave de entrada que afectan a las variables de respuesta del proceso.

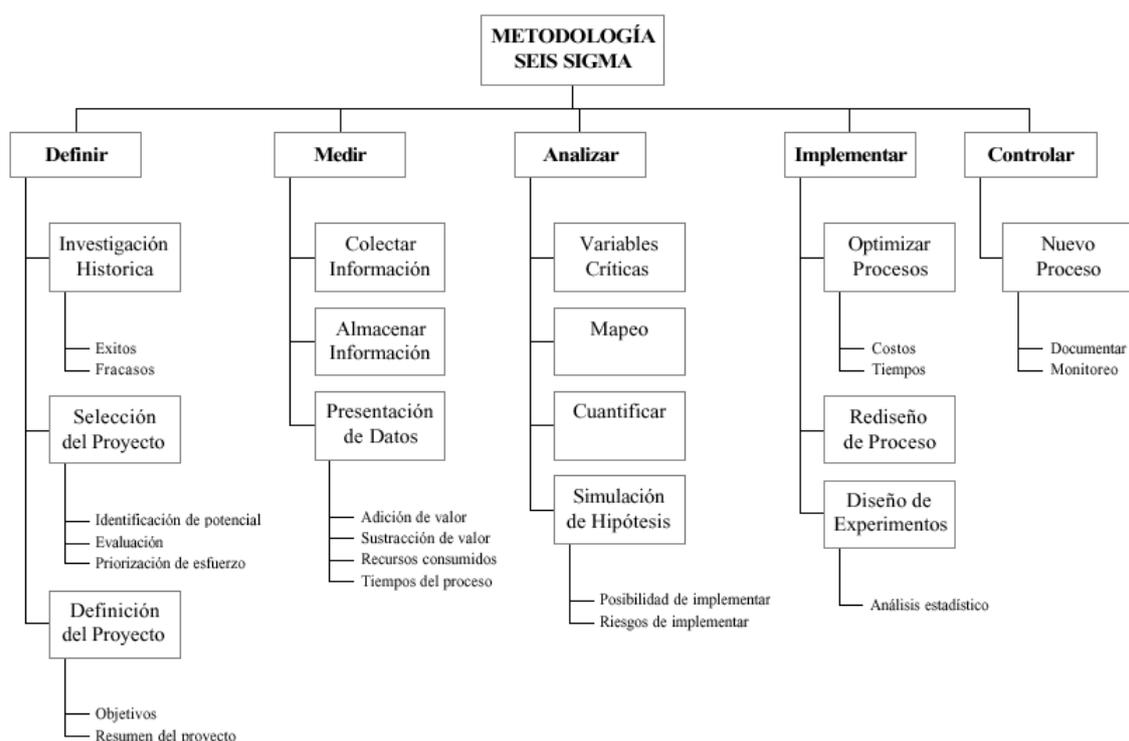
La fase de análisis aísla las principales causas detrás del problema que se está abordando. En la mayoría de los casos, no habrá más de tres causas que deban controlarse para lograr el éxito; si se identifican demasiadas causas, entonces no se ha aislado las causas principales o el objetivo del proyecto es demasiado ambicioso para lograr el éxito con un solo proyecto. Siempre hay excepciones, pero la velocidad y los resultados son ingredientes clave para generar el impulso de Six Sigma dentro de una organización, y los proyectos deben dimensionarse para asegurar el éxito del equipo y el cierre del proyecto dentro de límites de tiempo razonables. La fase de análisis implementa una serie de herramientas para recopilar información del equipo y realizar experimentos objetivos para identificar o confirmar las causas principales. No todas las herramientas se utilizan en todos los proyectos. (DMAIC Tools; 2012).

Fase de mejora: el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese), para predecir, mejorar y optimizar el proceso. Por último, se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso. Principalmente la mejora se enfoca en comprender completamente las principales causas identificadas en la fase Analizar, con la intención de controlar o eliminar esas causas. (DMAIC Tools; 2012).

Fase de control: consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implantado los cambios.

Los mejores controles son aquellos que no requieren monitoreo (cambios irreversibles en el diseño del producto o del proceso), por lo tanto, una fase de control exitosa trata de mantener los cambios realizados en la fase de mejora.

Figura 5: Metodología DMAIC para la empresa



Fuente: Yepes, V., & Pellicer, E. (2005).

2.2.4. Análisis PESTEL

El marco PESTEL se centra en los factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales que afectan el entorno en el que opera una empresa (Day, 1990, Gay, 2002, Sánchez y Heene, 1997).

Se considera que el entorno es muy importante para una empresa, ya que es clave comprender el entorno macro en el que trabajan y cómo cambia con el tiempo para adaptarse a él y no quedarse atrás. Los factores del marco PESTEL muestran que el medio ambiente no se trata solo de factores económicos, sino también de factores ambientales ajenos al mercado (Johnson et al., 2009).

Johnson et al., (2009) describe a los factores de la siguiente manera:

Los factores políticos: se centran en las fuerzas políticas y el papel del estado en el que opera una empresa. El factor es importante de muchas maneras, como influencias de grupos de campaña, movimientos políticos o medios interesados, pero también como un factor económico directo, como proveedores potenciales, clientes o dueños de negocios.

Los factores económicos: están relacionados con factores macroeconómicos como los ciclos económicos, los tipos de cambio y las tasas de crecimiento económico. Los

gerentes deben comprender cómo estos factores afectan a su empresa, precios de mercados de exportación y vulnerabilidad a las importaciones.

Los factores sociales: se refieren al cambio cultural y al cambio demográfico. Este tipo de cambios como, por ejemplo: El envejecimiento de la población en los países occidentales crea amenazas y oportunidades para los sectores público y privado y aumenta los desafíos estratégicos para una empresa.

Los factores tecnológicos: crean oportunidades mientras desafían a otros con el rápido desarrollo de aplicaciones y se refieren a cosas como, por ejemplo: La nanotecnología, internet o el desarrollo de nuevos materiales de alta tecnología.

Los factores ecológicos: se refieren a los llamados problemas ambientales "verdes" a los que nos enfrentamos como, por ejemplo: cambio climático, contaminación y residuos. Este factor crea oportunidades comerciales para algunos, pero también podría imponer costos adicionales para otros.

Los factores legales: son restricciones y cambios regulatorios y legislativos. Algunos ejemplos son las leyes fiscales, los reglamentos laborales y las leyes de derechos de autor y patentes.

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Nanotecnología en la construcción

La nanotecnología aplicada a los materiales de construcción representa un ejemplo de cómo la innovación combina cada vez más la desmaterialización, la ecoeficiencia y el enfoque basado en desarrollar nuevas clases de productos, a menudo sustitutos de las tecnologías convencionales, con el objetivo de abrir nuevos sectores de mercado basados en la alta tecnología ecológica para reducir la huella ambiental del entorno construido mediante el uso eficiente de los recursos.

2.3.2. Brechas entre investigadores y empresas constructoras

El desarrollo de tecnologías o materiales nuevos y únicos es un proceso complejo y duradero. Esto se traduce en periodos muy largos de adaptación para nuevas tecnologías. brecha existente entre pensadores y hacedores es una de las principales razones detrás del fracaso del sistema de investigación moderno en el campo de la gestión. Como se puede ver en la Figura 5 la principal limitante entre investigadores y empresas constructoras es una desarticulación de comunicación.

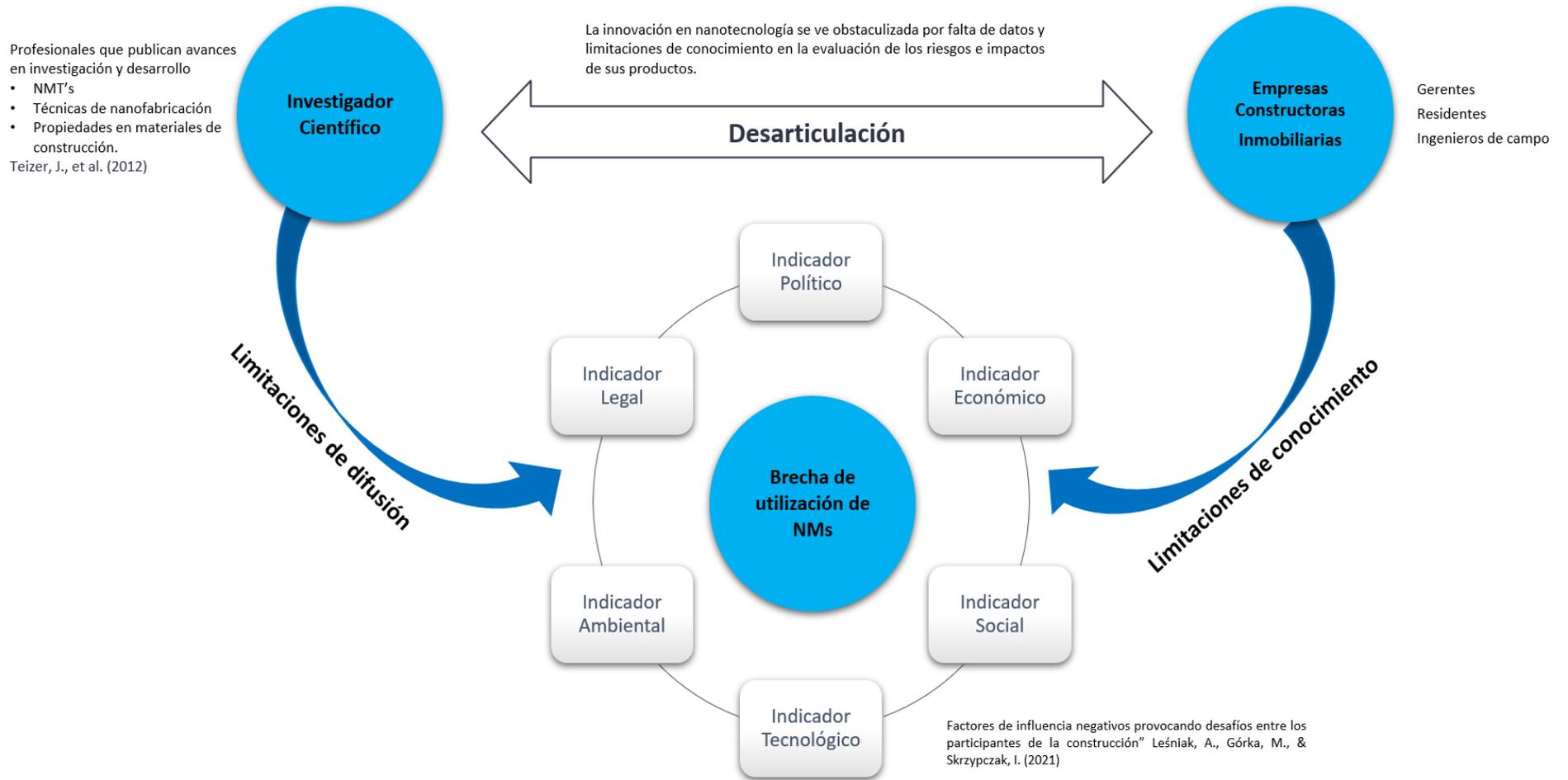
Pero para que exista esta brecha por parte de los investigadores hay una limitante de difusión de sus resultados, que es donde comienza el problema principal por parte de las empresas constructoras hay una limitante de conocimiento y un desinterés propio de la industria.

2.3.3. Indicadores PESTEL

El análisis PESTEL tiene dos funciones básicas para una empresa. La primera es que permite identificar el entorno en el que opera la empresa. La segunda función básica es que proporciona datos e información que le permitirán a la empresa predecir situaciones y circunstancias que podría encontrar en el futuro. El análisis PESTEL es, por lo tanto, un análisis de condiciones previas, que debe utilizarse en la gestión estratégica (Dinçer, 2004). Aunque la forma actual de análisis PESTEL proporciona un importante conocimiento fundamental en términos conceptuales para el análisis del entorno macro, tiene algunas limitaciones en términos de medición y evaluación.

Esquema Conceptual

Figura 6: Esquema de base conceptual



Fuente: Propia

2.4. Marco conceptual

Empresas inmobiliarias: Una inmobiliaria es una compañía dedicada a la compra y venta de propiedades, tales como casas, departamentos, oficinas, locales, entre otros. Generalmente un comprador y un vendedor se ponen en contacto con ellos para entrar en las negociaciones correspondientes.

Las compañías inmobiliarias se dedican a desarrollar proyectos determinados según el espacio geográfico, demográfico y las facilidades de crecimiento de la locación. Son los encargados del concepto y la venta de cada una de estas propiedades.

La inmobiliaria se encarga de comercializar los inmuebles que hacen parte de su stock, actuando como intermediaria entre vendedores y compradores; es decir entre los clientes y las constructoras y/o propietario de bienes raíces a la venta.

Empresas constructoras: el diseño y construcción de un proyecto están directamente ligados a los campos de la ingeniería y la arquitectura. Se trata de un proceso que consiste en diseñar cada aspecto del inmueble y plasmarlo al detalle en los planos, para luego construir la infraestructura.

Innovación en la construcción: Innovación en la construcción es considerado como el acto de introducir y utilizar las nuevas ideas, tecnologías, productos y/o procesos orientados a la solución de problemas, ver las cosas de otra manera, mejorar la eficiencia y la eficacia, o mejorar el nivel de calidad de vida.

Investigación científica: La investigación científica son los avances científicos, resultantes del método científico, utilizado para la resolución de problemas, o para buscar la manera de explicar ciertas hipótesis. La investigación científica en los diferentes campos de las ciencias, es un pilar fundamental porque contribuye a la calidad de vida y bienestar de las personas, en la formación de nuevos profesionales y en el desarrollo de los profesionales que se encaminan hacia la investigación.

Nanoescala: La escala nanoscópica, nivel nanométrico o nanoescala, se define como el rango de dimensiones en las que ocurren los fenómenos físicos particulares con los que trabaja la nanotecnología, y que de acuerdo a lo convenido se ubica entre los 1 y 100 nm. Así pues, la nanotecnología está definida en base a esta nanoescala y no dependiendo del tipo de sistema de estudio ni el ámbito que aborda.

Nanopartículas: Las nanopartículas partículas microscópicas con un tamaño entre 1 y 100 nanómetros. El principal objetivo del uso de nanopartículas es el de innovar y desarrollar nuevas herramientas y materiales en distintas áreas, como la medicina, ingeniería, la electrónica o la cosmética.

Nanotecnología: La nanotecnología es el estudio y la manipulación de materia en tamaños increíblemente pequeños, generalmente entre uno y 100 nanómetros. La nanotecnología comprende una muy amplia gama de materiales, procesos de fabricación y tecnologías que se usan para crear y mejorar muchos productos que la gente usa diariamente.

Nanomateriales: Los nanomateriales son materiales de una dimensión ínfima y de escala inferior a 100 nm. Los nanomateriales se pueden crear a partir de minerales o sustancias químicas y sus propiedades fisicoquímicas son diferentes que cuando presentan un tamaño micro o macro. La composición, el tamaño de las partículas, la forma, los revestimientos superficiales y la fuerza de los enlaces de las partículas cambian

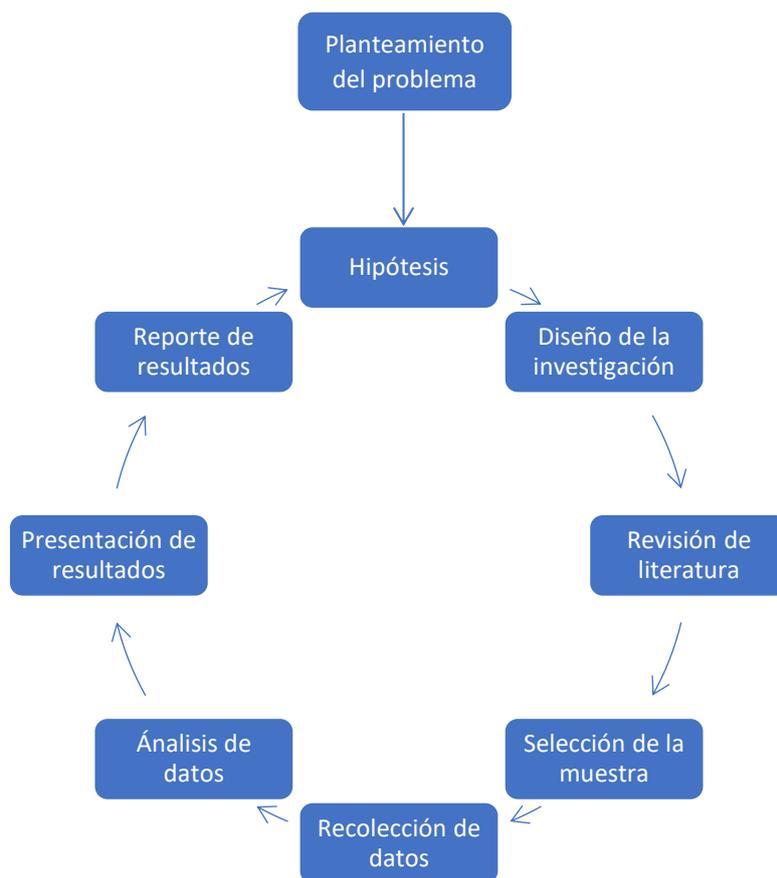
2.5. Conclusiones

- En el campo de la nanotecnología podemos concluir que es una ciencia que estudia materiales de tamaños nanométricos. De igual manera estas investigaciones nos brindan una amplia variedad de técnicas para crear nuevos materiales con mejores grados de calidad, velocidad y costo (Chen y Pépin 2001).
- Sobre la brecha entre investigadores y empresas constructoras podemos concluir según Olar, R. (2011) que se debe a un desconocimiento sobre los nanomateriales adecuados para la construcción y su comportamiento; la falta de estándares específicos para el diseño y ejecución de los elementos constructivos utilizando nanomateriales; la reducida oferta de nanoproductos; la falta de información detallada sobre el nanoproducto; altos precios; las incógnitas de los riesgos para la salud asociados con los nanomateriales.
- En cuanto a los indicadores PESTEL podemos concluir que es un método para poder identificar el entorno de una situación, tomando los indicadores más resaltantes que pueden influir en una empresa (Dinçer, 2004).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

La línea de investigación seguida en el presente proyecto de tesis es la Gerencia de Proyectos en la Construcción, teniendo en cuenta que está orientada al desarrollo de sistemas de innovación, planificación, control de ejecución física y de costos en los proyectos de construcción, y principalmente porque busca el uso de la tecnología, promoviendo en obras de alta ingeniería buscando mejorar la productividad y rentabilidad de los proyectos. En este capítulo se presenta la metodología a seguir para analizar los indicadores de uso que limitan el uso de la NT. Para ello se siguieron los procesos fundamentales del proceso general de investigación propuestos por Hernández et al. (2006).

Figura 7: Proceso general de la investigación



Fuente: Adaptado de Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). *Elaboración propia*

3.1. Enfoque de investigación

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y

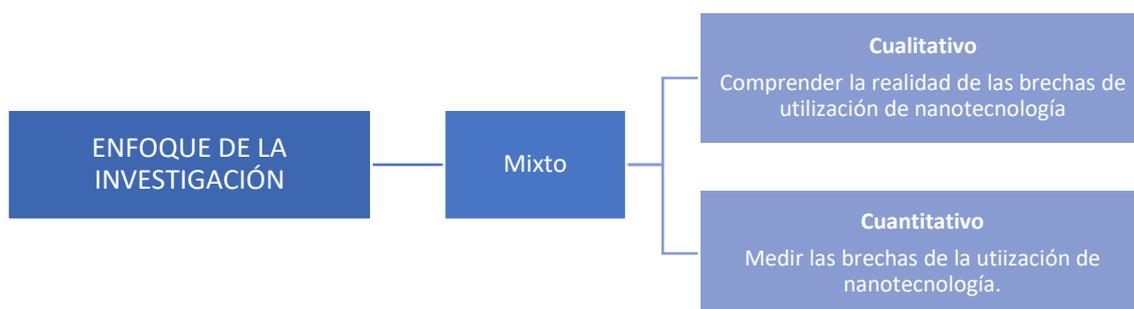
cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2008).

El proyecto de investigación se enmarcó dentro de la línea general de gerencia en la construcción, enfatizando en la línea específica de innovación tecnológica en la construcción. La investigación contribuye a las empresas constructoras, en la fase de toma de decisiones de la utilización de determinados materiales a través de la identificación de un análisis de las brechas entre investigadores y empresarios de la construcción, el conocimiento, difusión y aprovechamiento de NMs.

Consecuentemente, la investigación se abordó desde un enfoque mixto, cualitativo-cuantitativo. En una primera etapa se pretende comprender la realidad de las brechas de la utilización de la NMs a partir de indicadores de uso, es decir que pretende ahondar y conocer perspectivas de la no utilización de NMs, utilizando técnicas de recolección de datos no estandarizados como la entrevista. Una vez entendida esta realidad, como siguiente etapa se pretende medir y examinar las razones políticas, económicas, sociales, tecnológicas, ambientales y legales por las que el uso de NMs es bajo en construcción, utilizando técnicas de recolección de datos estandarizados, como la encuesta, y con la ayuda de la estadística finalmente probar la hipótesis planteada en la investigación.

El punto más importante donde se puede apreciar el análisis mixto es en la elaboración de encuesta para encontrar las principales brechas de la implementación de NMs en la industria de la construcción, pues tendrá interrogantes desde el aspecto de impacto en la industria de la construcción (impacto de los materiales, número de proyectos usando NMs, etc), como del impacto en el aspecto humano (criterios y percepciones de los NMs). Se hará de una manera concurrente pues ambos tienen la misma importancia de ambas en el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

Figura 8: Diagrama del enfoque de investigación



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Tipo de investigación

El alcance de la investigación se ubica dentro de los estudios correlacionales, teniendo en cuenta la revisión de la literatura, los objetivos de la investigación, el planteamiento de la hipótesis y el enfoque de la investigación. En la investigación se están tomando como elemento importante dentro de la hipótesis, la relación planteada entre las dos variables de estudio, la variable independiente y la dependiente, para ello se utilizó técnicas cuantitativas, como las encuestas, y así medir y cuantificar esta relación.

Por otro lado, el diseño de la investigación es no experimental ya que se ha realizado sin manipular las variables, los datos a reunir se obtendrán de los profesionales relacionados con la toma de decisiones en el requerimiento de materiales, además de los resultados de las encuestas. Dentro de este diseño, la investigación corresponde a una investigación transeccional ya que la recolección de datos de llevar a cabo en un solo tiempo.

3.3. Hipótesis

La aplicación del método 6 Sigma mediante los indicadores de uso PESTEL permitirá analizar e identificar las brechas entre investigadores y empresas constructoras en la aplicación de la NT.

Se plantea una hipótesis nula y una alterna para comprobar la relación entre variables:

- **Hipótesis alterna**

Si aplicamos el método 6 Sigma mediante los indicadores de uso PESTEL es posible analizar e identificar las brechas entre investigadores y empresas constructoras en la aplicación de la NT.

- **Hipótesis nula**

La aplicación del método 6 Sigma mediante los indicadores de uso PESTEL no permitiría realizar el análisis e identificación de las brechas entre investigadores y empresas constructoras en la aplicación de la NT.

3.4. Variables y operacionalización

El presente estudio de investigación presenta dos variables de investigación que serán medidos y evaluados a partir de la utilización de instrumentos y técnicas:

- Variable independiente: Indicadores de uso PESTEL
- Variable dependiente: Brecha de la nanotecnología en la construcción.
- Variable intermitente: Empresas Inmobiliarias en Arequipa

Estas variables se correlacionan entre si pues se sostiene que ante un análisis de la brecha entre investigadores y empresas constructoras se podrá lograr una mayor aplicación de NMs en la construcción encontrando el indicador de uso crítico que lo impedía.

En el **ANEXO 5** se muestran las variables a relacionar.

3.5. Diseño metodológico por objetivos

Objetivo general

La innovación se está convirtiendo en la principal herramienta competitiva para lograr una mayor penetración en el mercado y una mayor rentabilidad en la construcción, pero es un factor que aún no ha sido desarrollado en su totalidad. Esta innovación se da en varios ámbitos en la construcción, pero más en el uso de nuevos materiales, como los nanomateriales. Por tanto, el principal objetivo de esta tesis es analizar la brecha de utilización de la nanotecnología en la construcción con el Método 6 Sigma a partir de indicadores PESTEL en empresas constructoras. El enfoque adoptado es mixto, el tipo de investigación es correlacional. De acuerdo con este propósito de análisis, la presente investigación se estructura en los siguientes pasos como procedimiento:

1. Entender el concepto de brechas de utilización de nanotecnología en construcción.
2. Identificar que brechas aparecen ante la utilización de nanotecnología en la construcción.
3. Interpretar el Método 6 Sigma y los indicadores de uso (PESTEL) de la nanotecnología en empresas constructoras.

4. Determinar los indicadores que reducen las brechas en el uso de la nanotecnología en la construcción.

En el ANEXO 1 se muestra el proceso general que se realizó en la investigación donde se muestra el proceso en general para lograr con el propósito planteado en la presente investigación.

Objetivo específico 1.

Tiene un enfoque cualitativo porque se enfoca en entender el concepto de brechas de utilización de la nanotecnología en la construcción y consecuentemente se puede decir que el alcance es descriptivo, ya que se estudia los motivos por los cuales la nanotecnología no llega hasta las empresas constructoras.

Este primer objetivo específico es equivalente a la primera fase de Definir de la metodología DMAIC.

La información se obtiene a través de la revisión de literatura especializada, para obtener resultados de análisis y síntesis se utilizó fichas de análisis de literatura.

Estas unidades de información fueron elegidas de modo no probabilístico y respaldada por una validez de contenido.

- 1. Selección de literatura académica:** El análisis documental es el primer paso para la investigación. La literatura académica debe ser estrictamente especializada, siendo mayormente artículos indexados. Se procedió a su recolección y posteriormente a su selección. Los criterios para la selección fueron palabras clave: nanotecnología, nanotecnología en la construcción, innovación en la construcción.
- 2. Recopilación de la información – datos:** La recopilación de la información y datos se obtuvo a partir de una revisión exhaustiva a las fuentes académicas de literatura técnica, que permitió conocer las principales brechas de la innovación en la construcción y más específico sobre las brechas de la nanotecnología en la construcción.
- 3. Análisis y procesamiento de la información:** se usaron Fichas de Revisión de Literatura para analizar de forma sistemática la información. Este procesamiento nos muestra resultados cualitativos y cuantitativos.
Siguiendo la metodología DMAIC, específicamente la fase de Definir nos concentramos en:

- Selección de problemas y análisis de beneficios.
- Definir los conceptos necesarios para la investigación.
- Definir la estructura de los objetivos a plantearse teniendo en cuenta escenarios modelo.
- Identificación de los elementos a analizar.

4. Conclusiones del análisis: después del análisis de la información se procedió a clasificar las conclusiones más relevantes del concepto de brechas de utilización de nanotecnología para plasmarlo en los siguientes instrumentos a usarse (Entrevista y encuesta).

Objetivo específico 2.

El enfoque es cuantitativo porque determina las principales brechas encontradas en Arequipa para la utilización de nanotecnología en construcción a partir de una entrevista a un grupo de expertos, tanto académicos como ingenieriles.

Este segundo objetivo específico es equivalente a la fase de Medir de la metodología DMAIC.

El muestreo es no probabilístico ya que la cantidad de empresas con proyectos públicos es determinada por el investigador, la validación del cuestionario se realizó a través de validez de criterio realizado por los expertos especialistas.

- 1. Elaboración de la entrevista:** Se elaboró en base al análisis de la información recolectada, tomando en cuenta los puntos más resaltantes que se evidencian en la literatura académica sobre brechas de utilización. Al tratarse de una serie de preguntas específicas se desarrolló una Entrevista Cerrada.
- 2. Aplicación de la entrevista cerrada:** La entrevista cerrada se aplicó a un grupo de profesionales previamente seleccionados de manera intencional, estas entrevistas fueron vía Zoom para una interacción directa entre el entrevistado y el entrevistador. Los cuales fueron:
 - Sector Público: 3 investigadores de Nanopartículas UNSA.
 - Sector Privado: 3 gerentes de Empresas de construcción.
- 3. Recopilación de datos:** Los datos fueron recopilados en base a la entrevista virtual. Siendo enviadas estas a través de correo electrónico. Los datos fueron recogidos de la misma manera vía correo electrónico.

4. Análisis y procesamiento de datos: Dado que este grupo de fuentes de información es reducido, se realizó el análisis de datos tomando en cuenta la profesión, años de experiencia y conocimiento científico.

Siguiendo la metodología DMAIC, específicamente la fase de Medir nos concentramos en:

- Traducción del problema a medible desde la recopilación de información de los expertos y evaluación de la situación actual
- Identificación de métricas válidas y fiables,
- Comprobar si hay suficientes datos para medir.

5. Presentación de resultados. Los resultados de la entrevista nos dieron una vista panorámica de los indicadores que más expresaron los expertos teniendo en cuenta su entendimiento por brechas de utilización y sobre todo sobre nanotecnología, esto nos permite una documentación de la situación actual de nuestro marco real.

Objetivo específico 3.

Para este objetivo haremos uso de la información recolectada de los Objetivos Específicos 1 y 2 para cumplir con las fases de Definir y Medir. A partir de los resultados del Objetivo Específico 2, donde se recopiló las principales brechas percibidas por investigadores y expertos en construcción, se determinará con una encuesta estructurada cuáles de estos indicadores son los más influyentes para que la brecha de utilización de Nanotecnología sea tan grande en la industria de la construcción en Arequipa.

El enfoque es cuantitativo porque determina los principales indicadores de uso PESTEL encontrados para la utilización de nanotecnología en construcción. El muestreo es no probabilístico ya que la cantidad de empresas con proyectos públicos es determinada por el investigador, la validación del cuestionario se realizó a través de validez de criterio realizado por los expertos especialistas.

1. Elaboración de la encuesta: Se elaboró en base al análisis de la información recolectada en el Objetivo 2, tomando en cuenta los indicadores de uso más resaltantes que se evidencian en la entrevista sobre brechas de utilización.

Dado que el objetivo de esta encuesta es analizar, explicar y describir la brecha de utilización de la Nanotecnología en la Construcción se desarrolló una Encuesta Analítica.

- 2. Aplicación de la encuesta analítica:** La encuesta se aplicó a las empresas constructoras previamente seleccionadas de manera intencional, estas fueron enviadas de manera virtual a 14 empresas constructoras de la ciudad de Arequipa.
- 3. Recopilación de datos:** Los datos fueron recopilados de forma virtual mediante correo electrónico llenado por el gerente o personal clave.
Haciendo referencia a las limitantes que se describieron en el Capítulo I, esta recepción de datos llevó aproximadamente entre 15 y 20 días, ya que estaba a disposición de los encuestados el momento de resolución de la encuesta.
- 4. Análisis y procesamiento de datos:** El procesamiento de datos de la encuesta se hizo con el software IBM SPSS Statistics 26.
- 5. Presentación de resultados.** Se presentaron tablas y gráficos donde se muestran los resultados de la encuesta teniendo en cuenta los indicadores de uso PESTEL.
Cada grafico muestra tendencias de los encuestados con respecto a la Nanotecnología en la Construcción. Se evaluaron cuales son los reactivos más importantes para poder generar una conclusión y se relacionaron respuestas para encontrar resultados más significativos.

Objetivo específico 4.

El enfoque adoptado es mixto (cuantitativo y cualitativo) porque se cumplió con las fases de Analizar y Mejorar. Para este objetivo se hizo uso de los resultados del Objetivo Específico 3.

- Para la fase de Analizar nos centramos en la identificación de factores de influencia y causas que determinan el comportamiento de la inutilización de la Nanotecnología en construcción, esto mediante la correlación de las variables independiente y dependiente obteniendo los coeficientes de correlación y la significancia de cada Indicador PESTEL.
- Para la fase de Mejorar nos planteamos un diseño e implementación de ajustes al proceso para mejorar el desempeño de los nanomateriales.

La parte cualitativa consta del análisis de los resultados de la encuesta mediante el paquete estadístico software IBM SPSS Statistics 26 mediante datos estadísticos encontrando el verdadero indicador que hace más grande la brecha de utilización de Nanotecnología en la construcción según relaciones de potencial, importancia, beneficio y riesgo de los nanomateriales.

- 1. Recopilación de datos:** Los datos se recopilaron a partir de los resultados de la encuesta.
- 2. Procesamiento y análisis de datos:** El análisis consistió en encontrar la relación entre dos variables (VD = Brecha de la Nanotecnología en la construcción, VI = Indicadores de uso PESTEL) para determinar su relación (significancia). La VD se relacionó con cada indicador PESTEL para identificar el más influyente según su valor de significancia.
- 3. Presentación de resultados:** El resultado final fue dar a conocer cuál es el indicador de uso que tiene mayor significancia y según el análisis representa la mayor brecha de utilización de nanotecnología en la construcción.

3.6. Población y muestra

Según Hernández et al. (2006) la población es el conjunto de elementos con características comunes que son objetos de análisis que serán validadas como conclusiones de la investigación. Para ello se tomó como población investigadores de NT y profesionales relacionados a construcción en empresas líderes inmobiliarias de la región de Arequipa. En cuanto a los investigadores de NT se tomó en cuenta su puntaje en el Renacyt, su participación en proyectos de Concytec y su grado académico.

Para los profesionales relacionados a construcción en empresas líderes inmobiliarias de la región de Arequipa, primero se identificó las empresas líderes en proyectos inmobiliarios según información de Mi Vivienda, teniendo en consideración el costo por m² de los proyectos que manejan estas empresas, años en el mercado y proyectos en desarrollo. Seguido de esto se discrimina los profesionales que trabajan en estas empresas guiándonos del puesto o cargo que desempeñan, su grado académico y experiencia. Dentro de los profesionales se quiere tener la perspectiva y opinión de varias especialidades como son la gerencia de obra, la residencia de obra, supervisión de obra, ingenieros de producción, ingenieros de costos y presupuestos, etc., los cuales nos puedan realmente dar a entender las restricciones por las que atraviesa un proyecto para utilizar NMs.

3.7. Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Como instrumentos para la recopilación de información en la investigación, se tiene:

- Fichas de revisión de literatura.

- Entrevista Cerrada Virtual.
- Infografía Informativa.
- Encuesta Analítica Virtual.

3.7.1. Fichas de revisión de literatura

Como primer instrumento para el cumplimiento del objetivo específico 01 se usaron las fichas de revisión de literatura. Este instrumento consiste en una síntesis de la información recopilada del análisis de la NT en construcción. Como principales ítems de la ficha se tiene: Tema del artículo, palabras clave, propósito, argumentos principales, conclusiones del autor, parafraseo, metodología, referencia APA y link.

3.7.2. Entrevista cerrada virtual

Para enaltecer la información obtenida, el intercambio de ideas y opiniones y la recepción sugerencias, a través de la conversación. La entrevista tiene un guion de 10 preguntas abiertas. Se aplicó a 6 expertos en el tema de estudio, los que se escogieron de manera aleatoria, siendo estos.

- Sector investigación (3): investigadores RENACYT, Investigadores principales UNSA.
- Sector construcción (3): involucrados en construcción (gerentes, ingenieros de campo, residentes) y en la toma de decisiones de materiales.

3.7.3. Infografía Informativa

Con el fin de que las respuestas de las encuestas se basen en conocimiento de los beneficios, riesgos, principales nanomateriales y en construcciones emblemáticas con uso de NMs, se elaboró una infografía informativa exponiendo los aspectos anteriormente mencionados. Este instrumento se da a los encuestados antes de aplicar la encuesta.

3.7.4. Encuesta Analítica

Para identificar las principales barreras en la utilización de nanomateriales en empresas constructoras, se utilizará la investigación participativa, pues se partirá de una descripción de las diversas barreras existentes y, para la obtención de resultados se dará participación a las personas involucradas en la ejecución de los proyectos.

3.7.4.1. Método

Para analizar las principales brechas en la utilización de NMs, se utilizará las encuestas a través del método del **6 Sigma**, en el cual se utilizará la metodología **DMAIC**. Para esto se tomará en cuenta con ponderación la opinión de los expertos.

La encuesta se dividirá en 5 secciones:

- **Primera Sección:** Se centra en determinar la experiencia del entrevistado
- **Segunda Sección:** Evalúa la participación actual de los entrevistados en nanotecnología
- **Tercera Sección:** Se enfoca en los beneficios, riesgos y barreras de la nanotecnología que existen actualmente en la construcción.
- **Cuarta Sección:** Apunta al potencial y los efectos actuales de la nanotecnología a partir de lo que ellos creen. Se utilizará la escala de Likert. Bajo impacto (1) a alto impacto (5) según sus creencias.

Se utilizará la escala de Likert. Riesgo bajo (1) a riesgo alto (5) / beneficios bajo (1) a beneficio alto (5).

- **Quinta Sección:** Mediante respuestas abiertas esta sección reúne historias exitosas de nanotecnología y comentarios adicionales.

3.8. Validez y Confiabilidad del instrumento

La validez de la investigación se aseguró el criterio de validez de contenido mediante la revisión de los instrumentos por un experto en Gerencia. Esta aprobación se dio mediante un formato de evaluación del contenido del instrumento.

La validación de la hipótesis se da mediante la correlación de la variable Independiente (Indicadores PESTEL) y la variable Dependiente (Brecha de la nanotecnología en la construcción). A partir de esta correlación se pudo demostrarla significancia (relación) y la correlación entre las variables, en consecuencia, probar la hipótesis nula y alterna.

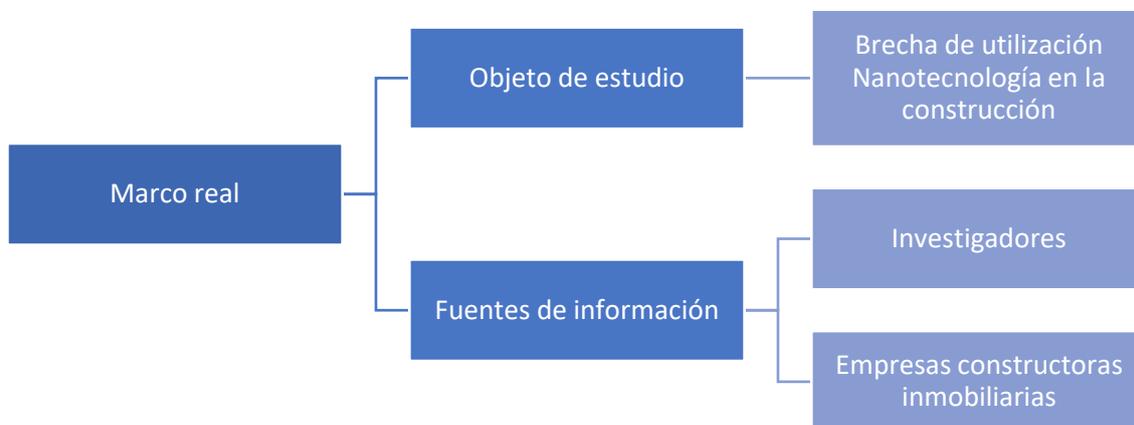
Para la validación de esta tesis se usó el coeficiente alfa de Cronbach. Para estos se requiere un valor mínimo de 0.70 para que se tenga consistencia en la investigación. Los valores recomendados son de 0.8 y 0.9, ya que por encima de este valor se entiende que habría duplicación de resultados.

CAPÍTULO IV: MARCO REAL

4.1. Introducción

El presente capítulo describe el análisis realizado de la literatura (académica, técnica y normativa), respecto a los distintos temas que son necesarios conocer para poder conocer la relación de la nanotecnología en el sector construcción en el contexto arequipeño. Dentro de este capítulo se reconocieron tres temas a analizar: [1] los investigadores científicos, [2] los involucrados en empresas constructoras [3] la nanotecnología en la construcción.

Figura 9: Estructura del Marco Real



Fuente: Elaboración propia.

En ese contexto el presente estudio tiene como objeto de conocimiento la brecha de utilización de la Nanotecnología en la construcción que será estudiado a partir de la literatura especializada, y como objeto de investigación se tiene la relación entre los Investigadores y las Empresas Inmobiliarias ubicados en la región Arequipa, de donde se extraerán la información para el análisis.

A continuación, se presenta el análisis de dichos temas:

4.2. Objeto de Estudio

– Nanotecnología en la construcción

4.2.1. Marco regulatorio de la nanotecnología a nivel mundial

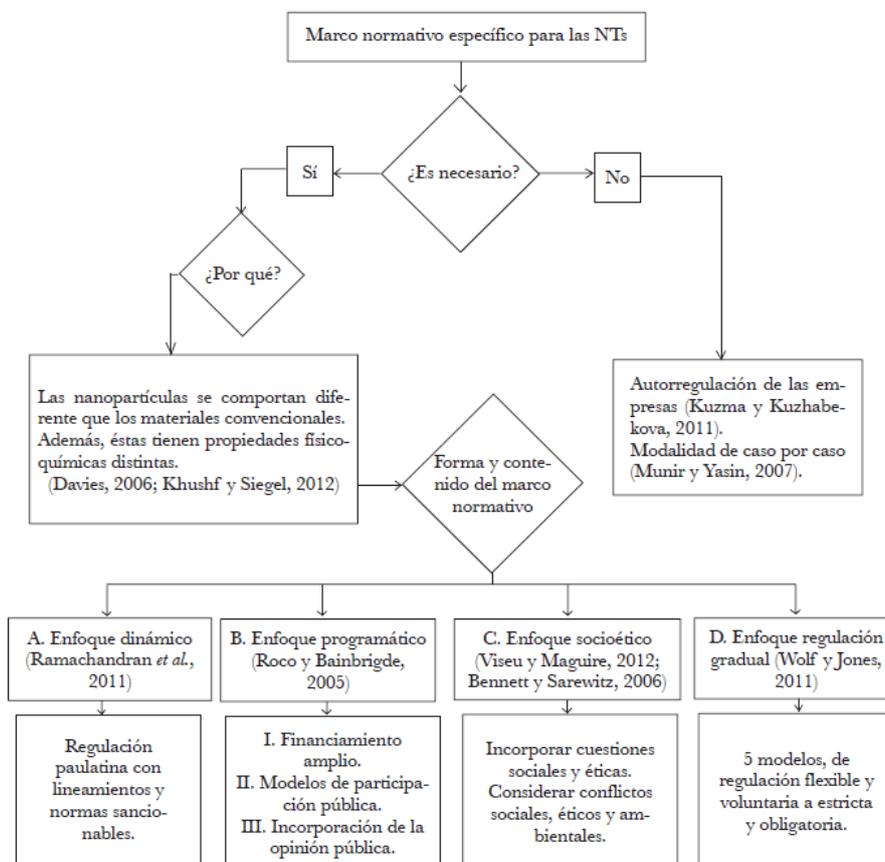
Es de importancia conocer la regulación de la nanotecnología a nivel mundial, sin embargo, se debe tener presente que las normas y leyes son particulares para cada país.

Según Vidal Correa, L. E. (2016), “La necesidad de un marco normativo de carácter internacional es discutida por varios autores debido a la competencia regulatoria que

puede presentarse entre las corporaciones en el desarrollo de nanotecnologías, aunque es difícil de alcanzar una regulación internacional unificada que no tenga ambiciones particulares, sin embargo, este ideal es aún muy lejano. Como resultado de la falta de regulación de la Nanotecnología, ahora están surgiendo una serie de fisuras o vacíos legales.” De acuerdo con la literatura, la normativa de la Nanotecnología ayudará en la investigación y desarrollo de esta, ya que facilitará alianzas entre industria, universidades, laboratorios nacionales, organizaciones internacionales y organismos.

Un segundo aspecto es el análisis de datos de la evolución de las iniciativas regulatorias de la nanotecnología. De este modo, varias agencias e instituciones han tratado de fijar algunos puntos que resultan muy relevantes para la regulación, tratando precisamente de contestar las siguientes preguntas: cuánto y de qué forma la nanotecnología ayuda en un desarrollo de la sociedad, cuánto y de qué manera es posible regular su investigación y aplicaciones para preservar sus mejores resultados, y al mismo tiempo proteger a las sociedades de sus posibles efectos negativos.

Figura 10: Perspectivas teóricas respecto al marco normativo en nanotecnología



Fuente: Vidal Correa, L. E. (2016)

4.2..2. Situación general de la nanotecnología en el Perú

En el Perú, las actividades vinculadas a la investigación y difusión de la nanotecnología son todavía reducidas, aunque se han incrementado considerablemente a pesar de no estar incorporadas dentro de una iniciativa específica de gobierno, como en otros países.

Las primeras investigaciones en nanotecnología se inician en las universidades en la década del 90, aunque no explícitamente, sino más bien como fenómenos incluidos dentro de la Ciencia de Materiales. En esos años ya existían grupos activos en la fabricación y caracterización de películas delgadas, que eventualmente trabajaban con recubrimientos de espesores menores que 100 nm para aplicaciones en óptica y optoelectrónica. Posteriormente se produjo un incremento sostenido en trabajos vinculados a la nanoescala, impulsados por dos factores importantes. Por un lado, la colaboración más frecuente entre grupos de físicos y químicos, que complementaban la síntesis de nanoestructuras con la caracterización y aplicaciones de las mismas.

Actualmente las universidades han incrementado notoriamente sus actividades de investigación en este tema ajustando presupuestos y adaptando equipamiento de sus líneas de investigación tradicionales. Las cuatro principales universidades del país, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Pontificia Universidad Católica (PUCP), y la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH), tienen grupos reducidos trabajando en nanotecnologías y aun cuando comparten algunos proyectos específicos, no se ha llegado a establecer un plan integrador que unifique recursos humanos y la infraestructura disponible. En las universidades no capitalinas, la actividad es menor, destacando las universidades Nacional de Trujillo y la Universidad de San Agustín de Arequipa.

4.3. Objeto real (ámbito)

– Investigadores científicos

El banco de datos de CONCYTEC que es el órgano rector de actividades de Ciencia y tecnología y principal promotor del financiamiento de proyectos concursables es la principal fuente de información para esta investigación.

Dentro de este marco de investigadores de CONCYTEC se eligió a la Universidad de San Agustín para ser el foco de los investigadores encuestados. Esto debido a que dicha

universidad cuenta con un grupo especializado en Nanotecnología especializándose en investigación de nanomateriales.

Se consideró el ranking del RENACYT que es el registro de las personas naturales y jurídicas relacionadas con la ciencia, tecnología o innovación tecnológica (CTI), dentro del territorio nacional para filtrar a los expertos, tomando en cuenta sus publicaciones en revistas indexadas.

Teniendo en cuenta este ámbito de investigadores se tomó un grupo que cumplía con los requisitos para ser considerados objeto de estudio.

– **Empresas constructoras Inmobiliarias**

Según la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), (2021) el sector construcción habría creció un 38% en julio respecto al periodo del 2020 y 20% en relación a julio de 2019.

Ese notable comportamiento del rubro de la construcción se explica por la mayor ejecución de obras de los sectores público y privado, lo que genera una mayor demanda de mano de obra a nivel de todo el país. (Ninahuanca, Christian, 2021).

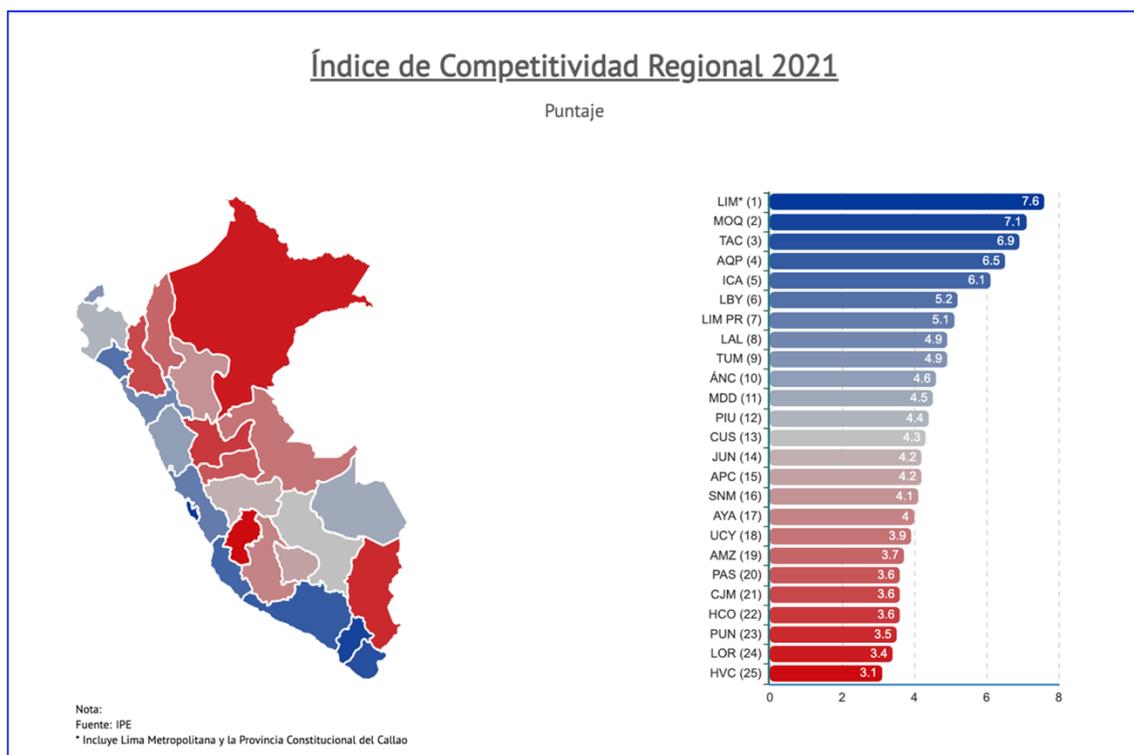
La ejecución total acumulada de la inversión pública a abril del 2021 marcó un récord histórico en los últimos 20 años al registrar un nivel de ejecución de 9,556 millones de soles, según el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). Así mismo, también hay un mayor dinamismo de las obras privadas, por la ampliación y remodelación de viviendas multifamiliares y condominios, edificaciones para oficinas, además de obras de ingeniería civil desarrolladas por las empresas constructoras que requieren personal. (Ninahuanca, Christian, 2021).

En este contexto, se evidencia el buen desempeño que presenta Arequipa en el índice de competitividad Regional del país, refleja lo atractivo que resulta la inversión en esta ciudad, tanto pública como privada.

Ayoyando esta afirmación el Instituto Peruano de Economía (IPE) presentó el Índice de Competitividad Regional –INCORE 2021– como parte de su esfuerzo por analizar y dar a conocer los avances en el desarrollo económico y social de las regiones del Perú.

Este Índice permite una comprensión comparativa de las dinámicas económicas y sociales de las regiones del país y permite identificar su nivel de competitividad relativo. Ello resulta fundamental para la discusión y la toma de decisiones de políticas públicas y privadas que impulsen el desarrollo a nivel regional, más aún en un contexto particularmente adverso a raíz de la crisis sanitaria a nivel mundial.

Ilustración 11: Índice de Competitividad Regional 2021



Fuente: IPE (2021)

El aspecto destacable es que la medición de la competitividad entre las cinco primeras regiones del ranking, excluyendo a Lima y Callao, arroja una distancia máxima de 1.5 en puntaje entre sí, estando conformado este segundo grupo por las regiones costeras de Moquegua, Tacna, Arequipa e Ica.

Arequipa está viviendo un proceso de recuperación económica y por lo tanto va a haber una demanda por productos urbanos e inmobiliarios. Precisamente, según datos de MiVivienda (2020) informa que en Arequipa ya se pide hasta \$500 y \$1200 por metro cuadrado en proyectos de vivienda, esto posiciona al mercado constructor inmobiliario en uno de los mercados más competitivos del medio por sus altas rentabilidades y la demanda de sus bienes y servicios.

Sector Inmobiliario

El negocio inmobiliario ha sido uno de los más afectados a raíz de la incertidumbre económica generada por la crisis sanitaria. La caída en los ingresos, tanto a nivel personal como empresarial, obligó a replantear los gastos relacionados a la inversión en vivienda o espacios de trabajo.

Por supuesto, el sector inmobiliario en el Perú y en Arequipa, no fue ajeno a los efectos de la pandemia. La paralización de todas las obras durante el aislamiento social obligatorio se tradujo en un importante retraso en la entrega de distintos proyectos.

A pesar de este periodo, la publicación del Decreto Supremo 080-2020-PCM, en mayo del 2020, abrió las puertas a una recuperación del sector inmobiliario que resultó mejor que la de otros rubros.

Este crecimiento es consecuencia de un conjunto de factores que cimentaron las bases para que el mercado inmobiliario del 2021 cierre en estas cifras positivas. Entre estos se encuentran:

- La liberación de CTS y AFP ofreció mayor liquidez a los peruanos, lo que permitió en muchos casos que optaran por adquirir una vivienda propia.
- Los créditos hipotecarios, con tasas históricamente bajas, y los descuentos que están ofreciendo las entidades del sector inmobiliario también son parte importante de este repunte.
- El impulso del Estado de políticas que faciliten la adquisición de viviendas, como el Bono Familiar Habitacional, Bono MiVivienda, MiVivienda Verde y Techo Propio.

Aunque el mercado inmobiliario del 2021 mantiene el pulso creciente, de forma positiva, también está presentando un efecto de alza en los precios.

Estas cifras concuerdan con los valores estimados por Capeco (2021), en los que el alza para el segundo trimestre del sector inmobiliario rondaría el 5%. Se espera que con el control de la pandemia estos números se normalicen y el alza no continúe a un ritmo tan acelerado.

En este sentido, la gestión de la construcción tiene nuevos retos. Alcanzar esta meta dependerá en mayor medida, del manejo que se haga en delante de la crisis sanitaria y de los recursos que tengan los profesionales del área.

Estos datos numéricos nos dan pie a considerar el mercado constructor inmobiliario como el caso de estudio para la presente tesis, teniendo en cuenta que es el sector que por su

rendimiento económico sería el sector capaz para implementar nuevas tecnologías no solo para el bien social, si no económico y para su prestigio como empresas constructoras.

Para determinar el tamaño de muestra nos centraremos en las empresas que según la Revista Mi Vivienda 2021 son las que están en primera línea en el mercado en Arequipa.

Tabla 2: Resumen de Oferta de Viviendas en la Ciudad de Arequipa

N°	Nombre del Proyecto	Empresa Constructora	Distrito	Precio	Precio por m2 (S/.)
01	Las cumbres del Mirador	Alemán Constructores S.A.C.	Cerro Colorado	S/. 153,000 a S/. 391,000	S/. 3060
02	CasaParq	CISSAC	Cerro Colorado	Desde S/. 220,904	S/. 3694
03	Condominio A - Etapa 1	Líder Inversiones Arequipa S.A.	Paucarpata	Desde S/. 299,000	S/. 3559.5
04	Condominio A - Etapa 1	Líder Inversiones Arequipa S.A.	Paucarpata	Desde S/. 253,000	S/. 2811.1
05	Proyecto Vive 500	Dinamia Inmobiliaria	Cerro Colorado	Desde S/. 236,000	S/. 3062.1
06	El Mirador de la Alameda	Altozano Desarrollo y Construcción S.A.C.	Miraflores	Desde S/. 175,000	S/. 2430.6
07	Valle Blanco Reserva	Cumbres	Cerro Colorado	Desde S/. 199,000	S/. 3015.1
08	Los Parques Casa Club	JJC Edificaciones S.A.C.	Cayma	Desde S/. 155,000	S/. 3635.9
09	Almira Condominio	Líder Inversiones Arequipa S.A.	Cerro Colorado	Desde S/. 190,000	S/. 2533.3
10	Residencial Lomas de la Alameda	Altozano Desarrollo y Construcción S.A.C.	Miraflores	Desde S/. 95,000	S/. 1666.7
11	Solar de la Alameda	Inmobiliaria Ruturi S.A.C.	Miraflores	Desde S/. 170,000	S/. 2266.7
12	Las Lomas de Yura Primera Etapa	GPR AQP S.A.C.	Yura	Desde S/. 125,000	S/. 1388.9
13	Villa Verde 2	Cumbres	Cerro Colorado	Desde S/. 346,000	S/. 3626.9
14	Residencial Las Condes	Alemán Constructores S.A.C.	Arequipa	Desde S/. 165,308	S/. 1857.4
15	Residencial Vive 500	Nuvo	Cerro Colorado	Desde S/. 285,000	S/. 3701.3

Fuente: Revista Mi Vivienda -2021

Como conclusión de esta tabla podemos decir que la muestra representativa que se tomó fueron 10 empresas arequipeñas que facturan cantidades de mayor peso por m² y que tienen una continuidad en el mercado.

4.3..1. *Involucrados en empresas constructoras*

En el proceso de las encuestas estarán involucrados la Gerencia, Residencia, Ingenieros de Producción de las empresas seleccionadas anteriormente. Esto debido a que son los involucrados directos en el requerimiento, aprobación y adquisición de materiales en obra.

Se establecerá un parámetro de: los profesionales de estas empresas deberán tener un grado académico mayor o igual a Magister, de no ser el caso deberá cumplir con 5 años de experiencia en el campo

4.4. Conclusiones

Hecho un análisis tanto del objeto como del ámbito, podemos concluir en lo siguiente:

- El ámbito precisado son las empresas constructoras inmobiliarias exitosas de Arequipa Metropolitano; estas empresas fueron determinadas por las variables de continuidad en el mercado, ingresos por m² y cantidad de obras.
- El objeto de estudio se representa por los profesionales en construcción que se encuentren en las áreas de gerencia, producción, calidad y oficina técnica. Y por parte del objeto de estudio de los investigadores nos enfocamos en los profesionales que estén relacionados con la investigación de nanopartículas en la UNSA con un grado académico de magister en adelante.
- El objeto del presente trabajo son las barreras que impiden la utilización de los nanomateriales en construcción debido a las barreras que hay entre investigadores y profesionales en la construcción.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Análisis de la información

Actualmente, los procesos de innovación juegan un papel importante para satisfacer las crecientes necesidades de la industria y mantener una ventaja competitiva para las empresas. Una gran cantidad de estudios en el sector de la construcción muestra que las nuevas tecnologías tienen un efecto positivo en la productividad, la eficiencia y la seguridad en general sobre todo las innovaciones en materiales, que están permitiendo el desarrollo de nuevos procesos, ahora procesos inteligentes, que pueden reducir el impacto de la escasez de recursos naturales. A pesar de las ventajas obvias, el proceso de adopción de tecnologías nuevas e innovadoras es muy lento e inseguro debido a la complejidad, la naturaleza conservadora de las empresas constructoras y el alto riesgo de implementación. Los proveedores hacen grandes esfuerzos para superar esto y difundir sus tecnologías. Por ello, esta tesis contribuye a identificar los principales indicadores de uso que retrasan el proceso de utilización de los nanomateriales en proyectos de construcción en el contexto específico de Arequipa - Perú como un país en vías de desarrollo.

En base a lo mencionado, en los siguientes puntos se presentan los resultados obtenidos como respuesta a los objetivos específicos y en consecuencia al objetivo general: “Analizar la brecha de utilización de la nanotecnología en la construcción (investigadores - empresas constructoras) a partir del Método 6 Sigma para identificar las barreras más influyentes, con la finalidad de aplicar indicadores de uso (PESTEL) en empresas constructoras inmobiliarias líderes en la región Arequipa.”

5.2 Análisis de resultados

5.2.1 Resultados para el objetivo específico 1

Objetivo Específico 01: Entender el concepto de brechas de utilización de nanotecnología en construcción.

Para conocer las razones del por qué existen barreras de utilización de nanotecnología en la construcción, primero fue necesario conocer el concepto de brechas de utilización de nuevas tecnologías, pues el estudio de brechas en la construcción responde a una negación a la innovación en tecnología.

Para ello, se buscó literatura existente bajo un enfoque cualitativo teniendo en cuenta palabras clave como “Innovación, Nanotecnología, Nanomateriales, Nanotecnología en la construcción”, y mediante un análisis documental se utilizó fichas de recolección.

- Resultados de la revisión de Literatura Académica

Tabla 3: Resumen de Búsqueda de literatura

Título de Investigación	Conclusión	Referencia
Drivers of technology adoption—the case of nanomaterials in building construction.	La adopción de NMT está limitada por un proceso de evaluación de tecnología de múltiples componentes centrado principalmente en la aplicabilidad de la tecnología a los resultados basados en proyectos.	Arora, S. K., Foley, R. W., Youtie, J., Shapira, P., & Wiek, A. (2014).
Application of nanotechnology in construction.	La nanotecnología se trata esencialmente de nuevas formas de hacer cosas a través de la comprensión y el control de sectores fundamentales de la construcción. Es probable que esto cambie la forma en que casi todo está diseñado y fabricado. Con el respaldo de una financiación sin precedentes, la nanotecnología está emergiendo rápidamente como la revolución industrial del siglo XXI.	Zhu, W., Bartos, P. J., & Porro, A. (2004).
Nanotechnology innovations for the construction industry.	La investigación demuestra que la nanotecnología puede contribuir a nuevos sistemas de construcción, entre ellos, las estructuras son las más favorecidas por la gran variedad de mejoras que presentan estos materiales, también se refleja en materiales de coberturas que pueden dar beneficios en refrigeración y mejorar su funcionalidad y el aislamiento. También se está utilizando una variedad de nanomateriales para agregar nuevas funcionalidades, como propiedades de autolimpieza, a los productos tradicionales de la industria de la construcción, por ejemplo, pintura y cemento.	Hanus, M. J., & Harris, A. T. (2013).
Nanotechnology: Advantages and drawbacks in the field of construction and building materials.	Aunque la replicación de sistemas naturales es una de las áreas más prometedoras de esta tecnología, los científicos todavía están tratando de comprender sus asombrosas complejidades. La nanotecnología tiene el potencial de ser la clave para un mundo completamente nuevo en el campo de la construcción y los materiales de construcción. Se reconoce que las áreas más prometedoras de la nanotecnología aún se siguen investigando, pero mientras estas aplicaciones no sean difundidas los nanoproductos no podrán ser utilizados en forma masiva.	Pacheco-Torgal, F., & Jalali, S. (2011).
Nano-innovation in construction, a new era of sustainability.	La nanotecnología permanece en su etapa previa a la exploración; recién está emergiendo de la investigación fundamental a la aplicación industrial. Por lo tanto, las aplicaciones a gran escala, especialmente en la construcción, son limitadas. Sin embargo, el enorme potencial de la nanotecnología para mejorar el rendimiento	Mohamed, A. S. Y. (2015).

de los materiales y procesos convencionales es muy prometedor.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Resultados para el objetivo específico 2

Objetivo Específico 02: Identificar que brechas aparecen ante la utilización de nanotecnología en la construcción.

El objetivo de la entrevista cerrada fue complementar los hallazgos de la búsqueda de literatura y la revisión de antecedentes con datos que no se pueden encontrar fácilmente en otros lugares, es por eso que la entrevista se enfoca en entrevistas personales en laboratorios de investigación e involucrados en construcción que revelaron un vínculo ya débil o inexistente entre la industria de la construcción y los centros de investigación en nanotecnología.

La entrevista cerrada se desarrolló a informantes estratégicos, por ello es que este objetivo tiene un enfoque mixto, utilizando un formato de cuestionario dirigido a los profesionales de investigación y construcción.

- Resultados obtenidos de la entrevista cerrada virtual

Se entrevistó a 6 expertos considerados informantes estratégicos en la construcción e investigación con amplia experiencia, los cuales respondieron las 11 preguntas propuestas.

Para esta etapa, se recibieron respuestas abiertas sobre las barreras más perceptibles en la industria de la construcción:

- *¿Considera que existen barreras en la aplicación de la nanotecnología en la construcción?*

Donde las repuestas fueron:

Tabla 4: Resultados 1 - Entrevista

Investigador 1	Si
Investigador 1	Si
Investigador 1	Si
Involucrado en construcción 1	Si
Involucrado en construcción 2	Si

Involucrado en construcción 3	Si
--------------------------------------	----

Fuente: Elaboración propia.

- *De las barreras mencionadas por usted en la pregunta anterior ¿Qué barrera, en su opinión, es la más relevante?*

Donde las repuestas fueron:

Tabla 5: Resultados 2 - Entrevista

Investigador 1	Intereses de terceros
Investigador 1	Falta de capacitación e implementación industrial para fabricar nanomateriales.
Investigador 1	Insuficiente tecnología para fabricar estos materiales
Involucrado en construcción 1	Difusión de la información
Involucrado en construcción 2	Mayores costos, la previsión se limita a 5 años y no a los beneficios a largo plazo.
Involucrado en construcción 3	No retorno de la inversión

Fuente: Elaboración propia.

- *Con respecto a lo anterior, ¿cuáles son los problemas que podrían impedir un uso más generalizado de los materiales nanotecnológicos en lugar del enfoque convencional?*

Donde las repuestas fueron:

Tabla 6: Resultados 3 - Entrevista

Investigador 1	Los estándares nacionales restringen, retrasan la innovación, por lo tanto, las especificaciones de la oferta están preestablecidas
Investigador 1	Falta de interés de la industria en fabricar nanomateriales.
Investigador 1	Estos materiales aún están en una etapa inicial.
Involucrado en construcción 1	Falta de capacitaciones e interés por las constructoras.
Involucrado en construcción 2	Los diseños novedosos no se consideran lo suficientemente temprano en el proceso de diseño y construcción.
Involucrado en construcción 3	La duda ante una posible perdida en la inversión de materiales nuevos.

Fuente: Elaboración propia.

Las barreras identificadas existentes entre la investigación científica y la aplicación tecnológica:

- Economía. (Barrera Económica)
- Falta de conocimiento del material. (Barrera Social)

Cabe resaltar que estas barreras son las más percibidas, pero no las únicas. Estos resultados nos dan un alcance de la percepción de los involucrados, pero es necesario hacer un análisis más exhaustivo de cuáles son los indicadores de uso que no permiten el desarrollo de esta tecnología.

5.2.3 Resultados para el objetivo específico 3

Objetivo Específico 03: Identificar los indicadores de Uso PESTEL en la utilización de nanotecnología aplicada a la construcción por empresas constructoras en la ciudad de Arequipa a través del Método 6 Sigma.

- *Elaboración de Encuesta analítica y análisis*

La muestra de estudio estuvo conformada por 31 profesionales involucrados en las empresas inmobiliarias mencionadas en el Capítulo IV.

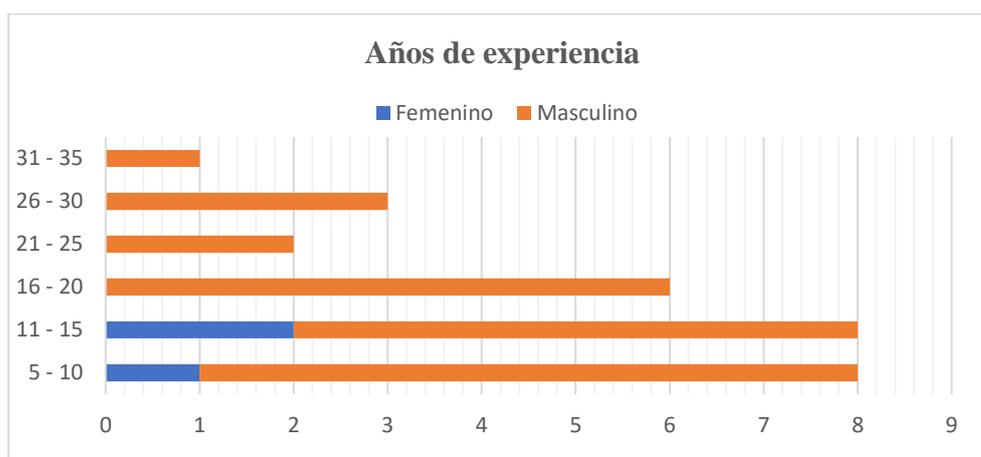
La encuesta analítica propiamente dicha, es un cuestionario de 53 preguntas, enumeradas del 1 al 22. El instrumento cuenta con preguntas de respuestas bajo la escala de Likert, con cinco niveles: [1] muy bajo, [2] bajo, [3] medio, [4] alto y [5] muy alto. De igual forma, se cuenta con preguntas cerradas que evalúan periodos de tiempo en los que podría y se espera aplicar la nanotecnología.

- *Presentación de resultados*

El objetivo principal de la encuesta es el de determinar los indicadores PESTEL que motivan la existencia de las brechas en el uso de la nanotecnología en la construcción, desde la perspectiva de los profesionales involucrados en construcción. En este sentido, el cuestionario está diseñado para medir ciertos indicadores dentro de las variables de estudio.

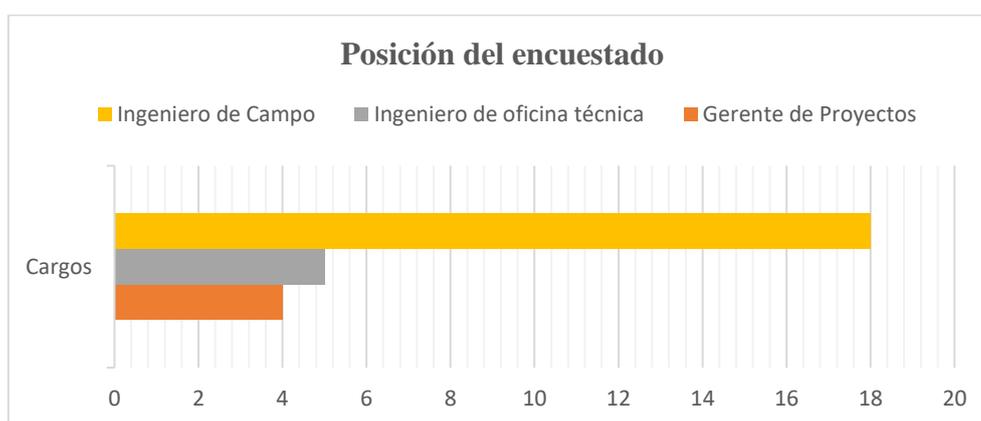
A partir de esto, los resultados fueron los siguientes:

Figura 12: Demografía y Años de experiencia



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13: Posición del encuestado



Fuente: Elaboración propia.

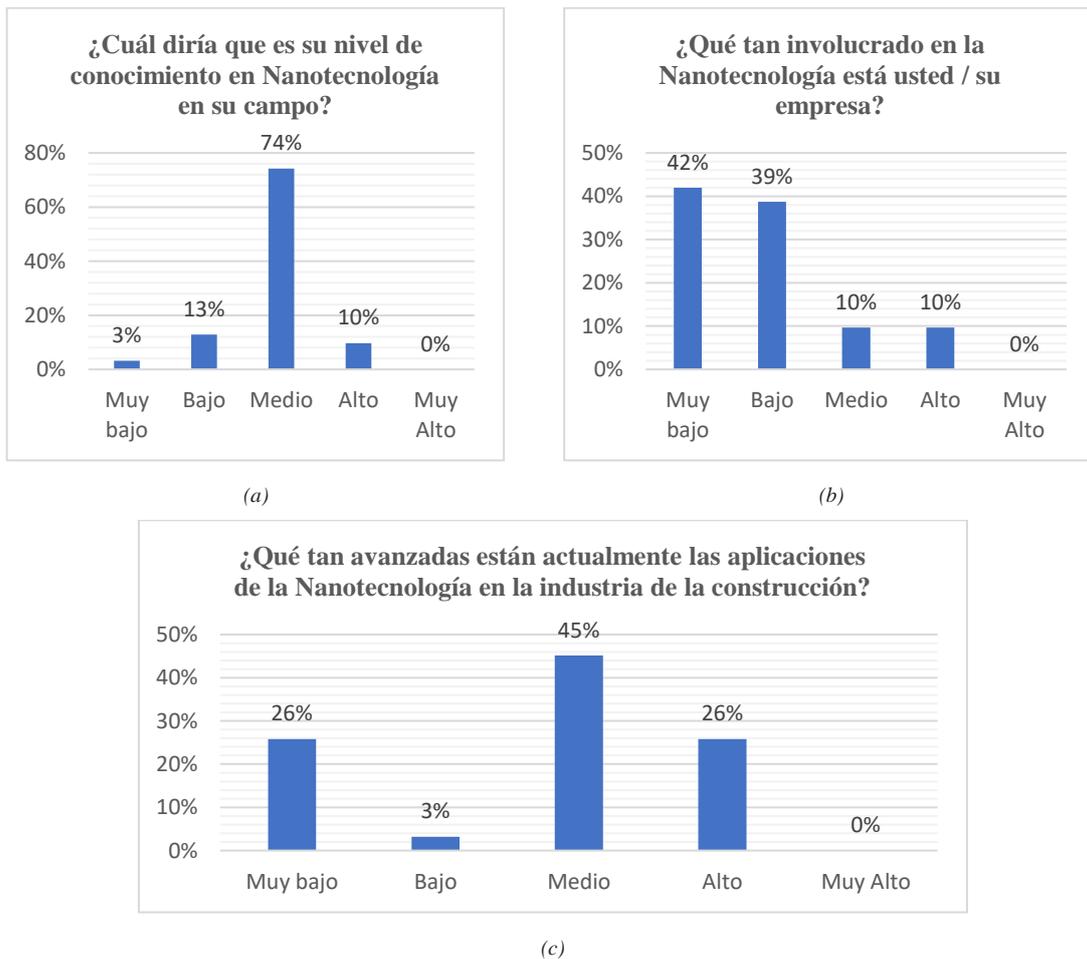
Esta encuesta fue aplicada a profesionales de la construcción, en su mayoría a ingenieros civiles, con una experiencia profesional que oscila entre los 5 a 35 años de experiencia, quienes, a lo largo de su vida profesional, han sido parte del proceso constructivo de edificaciones y que actualmente desempeñan cargos relacionados a la ejecución de proyectos residenciales dentro de la ciudad de Arequipa metropolitana, ya sea ocupando el cargo de residente, supervisor, ingeniero de campo, o ingeniero de calidad.

Participación actual de empresas constructoras en nanotecnología

Los datos generales recopilados en esta sección de la encuesta revelaron que la industria de la construcción, a nivel de personal y de empresa, generalmente desconoce los beneficios y las limitaciones de la nanotecnología.

Los resultados muestran de manera importante que la industria de la construcción carece de comprensión de las aplicaciones y productos de la nanotecnología en la construcción. Según la *Figura 13(a)*, aproximadamente el 90% de los encuestados afirmó que su conocimiento en el área de la nanotecnología es de medio a bajo. Lo que refuerza la creencia que los avances en investigaciones no llegan al campo de la construcción. Por lo tanto, se evidencia una falta de estrategia de transferencia de información en la industria de la construcción.

Figura 14: Participación actual de empresas constructoras en nanotecnología



Fuente: Elaboración propia.

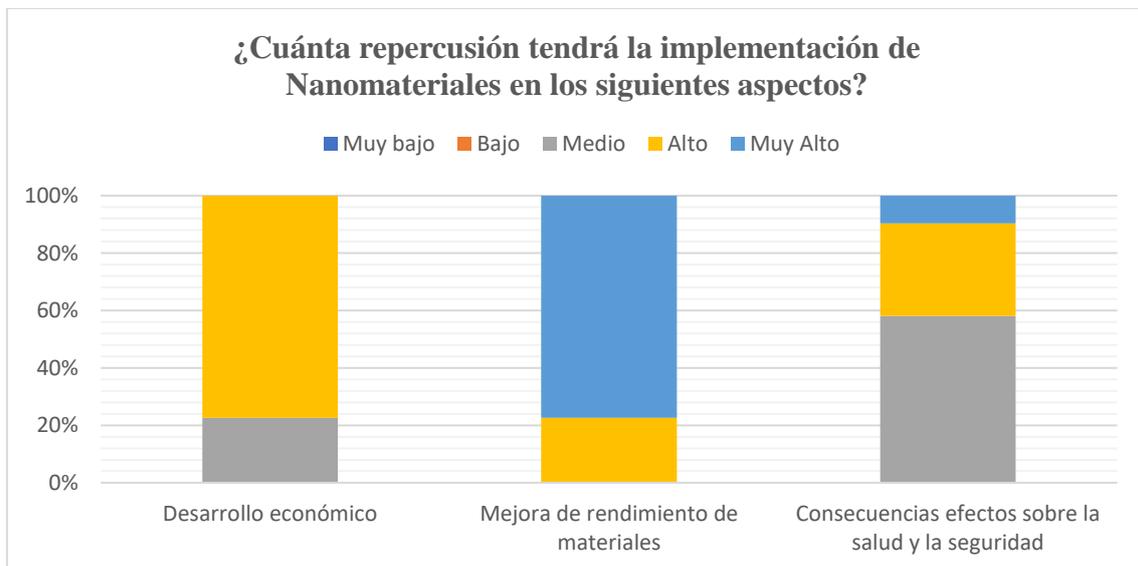
Acorde a los datos obtenidos en la *Figura 13(b)*, el 20% de los participantes de la encuesta respondieron que tanto ellos como sus empresas están vinculados de manera directa con la nanotecnología, en comparación con el 80 % de las organizaciones de los encuestados que no cuentan con este interés.

El uso de la nanotecnología en general es muy bajo, lo cual se apoya en las investigaciones de Vigneshkumar, C., 2014 “Actualmente, el uso de nanomateriales en la construcción es reducido, no logra ingresar al mercado con la fuerza que se plantea en la academia”.

Contradictoriamente con lo visto en las preguntas anteriores, en la *Figura 13(c)* se puede resaltar que los encuestados aseveran que las aplicaciones de nanotecnología en la industria de la construcción se encuentran en la escala de medio a alto.

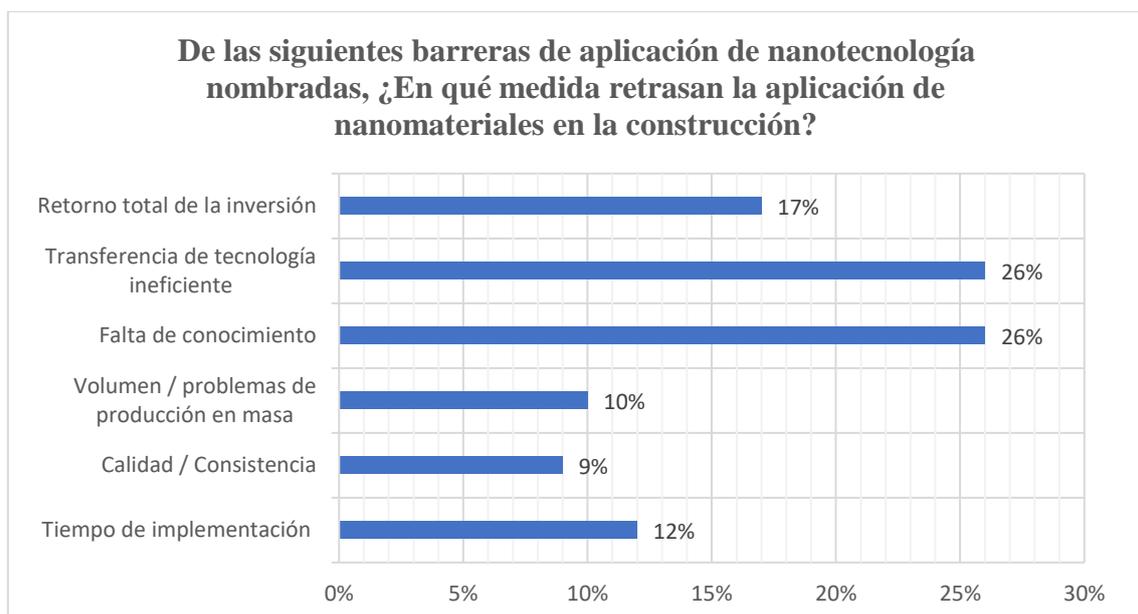
Beneficios, riesgos y barreras de la nanotecnología en la construcción

Figura 15: Repercusión de la implementación de la Nanotecnología



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16: Principales barreras en la aplicación de nanomateriales en construcción



Fuente: Elaboración propia.

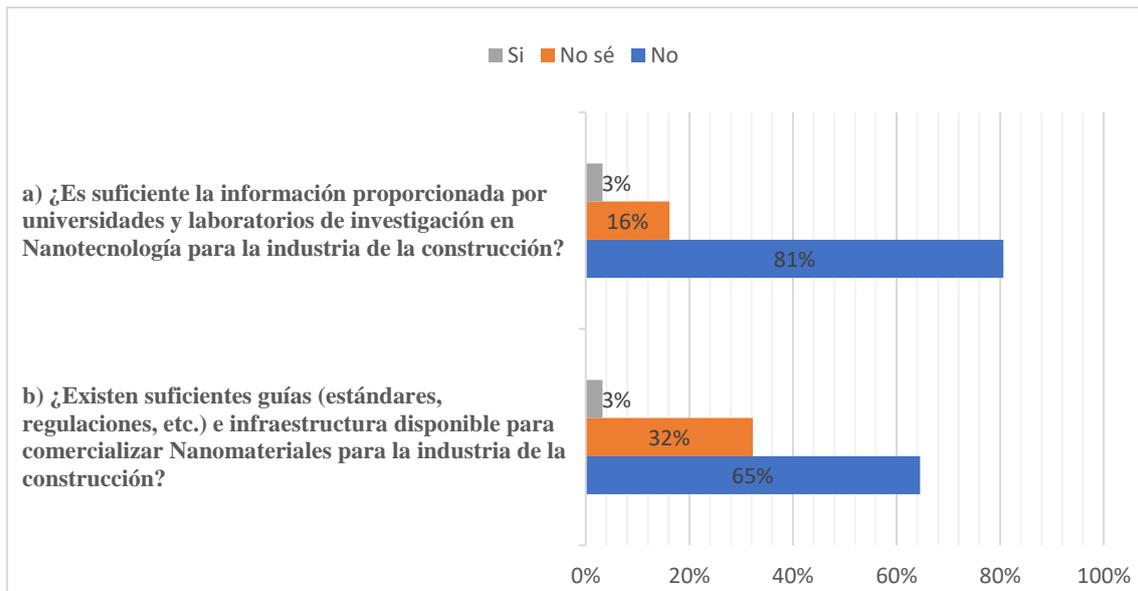
La mayoría de los encuestados respondieron que el Retorno de la Inversión, la Falta de conocimiento y la Transferencia de tecnología ineficiente son las barreras que más retrasan la aplicación de nanotecnología en construcción.

El 17 % de los encuestados seleccionó el Retorno total de la inversión y el 26 % seleccionó el "Falta de conocimiento" como la mayor barrera, mientras otro 26 % de los encuestados cree que los problemas de Transferencia de tecnología ineficiente es su mayor preocupación. Esto va en relación con Teizer, J., et al. (2012) "Es posible que los proveedores de materiales de construcción orientados a obtener ganancias a corto plazo no estén en condiciones de aprobar tales gastos de Investigación y Desarrollo."

Así mismo, Teizer, J., et al. (2012) señala que "la transferencia de conocimientos entre las agencias reguladoras de la nanotecnología, los propietarios, los contratistas, los proveedores y los usuarios finales para cerrar las brechas de educación y experiencia técnica necesitan una concientización sobre la nanotecnología para fomentar la educación de la futura fuerza laboral y los tomadores de decisiones." Este indicador se refleja también como uno de los más incidentes en nuestro análisis, lo que quiere decir que la transferencia de conocimientos tecnológicos es casi nula porque se busca una entrada muy rápida, sin investigación, en el mercado de la construcción.

Sobre la base de los resultados en la *Figura 15*, los obstáculos secundarios para una implementación exitosa de la nanotecnología en la construcción (y eventualmente en otras industrias) es la falta de conocimiento que se genera a partir de la falta de pautas, estándares e infraestructura para comercializar nuevos productos.

Figura 17: Información existente de nanotecnología en construcción



Fuente: Elaboración propia.

Según la *Pregunta 22* el 97% de los profesionales de la construcción respondieron que no existen suficientes pautas, guías para la aplicación de nanomateriales (por ejemplo, libros blancos o reglamentos). Así mismo, la *Pregunta 21* reveló una gran brecha entre la industria de la construcción y la academia. Esto requiere atención inmediata, menos del 5% de los encuestados cree que existe suficiente interacción entre la industria, las universidades y los laboratorios de investigación nacionales o privados en el desarrollo de nanotecnología para aplicaciones de construcción.

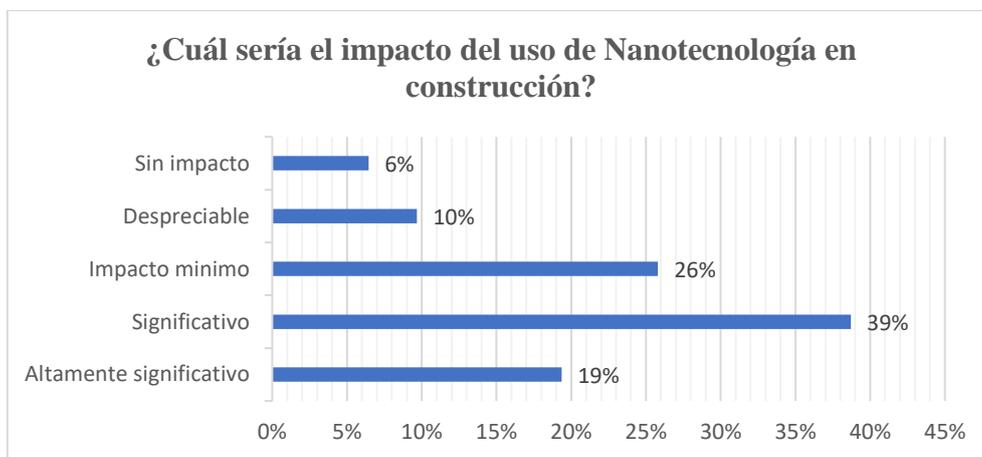
Según Venugopal, M., et al (2009) “Las actividades relacionadas con los nanomateriales para la industria de la construcción no están bien comercializadas y son difíciles de identificar para los expertos de la industria.” Esto va en relación con Teizer, J., et al. (2012) “un problema importante de la industria de la construcción es mejorar la alfabetización en nanotecnología. Una solución es invertir en el marco brindando educación a los estudiantes, quienes son la futura fuerza laboral de ingeniería y el liderazgo de la industria. Los planes de estudio interdisciplinarios que cubren las necesidades de la industria de la construcción y temas relacionados con la nanotecnología a través de cursos avanzados brindarán a los estudiantes la oportunidad de participar en proyectos industriales de inversión y desarrollo y aprender sobre temas técnicos actuales, métodos e instrumentos de vanguardia. Tal esfuerzo colaborativo conducirá a la creación de ideas y productos innovadores sobre la base de nuevas tecnologías y conducirá a un impulso tecnológico a largo plazo.”

A pesar del desarrollo de las universidades locales y laboratorios que investigan y publican resultados sobre nanomateriales (nuevas aplicaciones y productos), no se ve un efecto en la industria de la construcción. La información se queda en la parte académica, mas no se incide en la difusión de esos resultados para las aplicaciones en la construcción que pueden dar grandes beneficios sociales.

Efecto potencial y actual de la nanotecnología en la construcción

En la Sección 4 de la encuesta, se pidió a los participantes de la encuesta que calificaran el efecto potencial de la nanotecnología en la construcción.

Figura 18: Impacto del uso de Nanotecnología en construcción



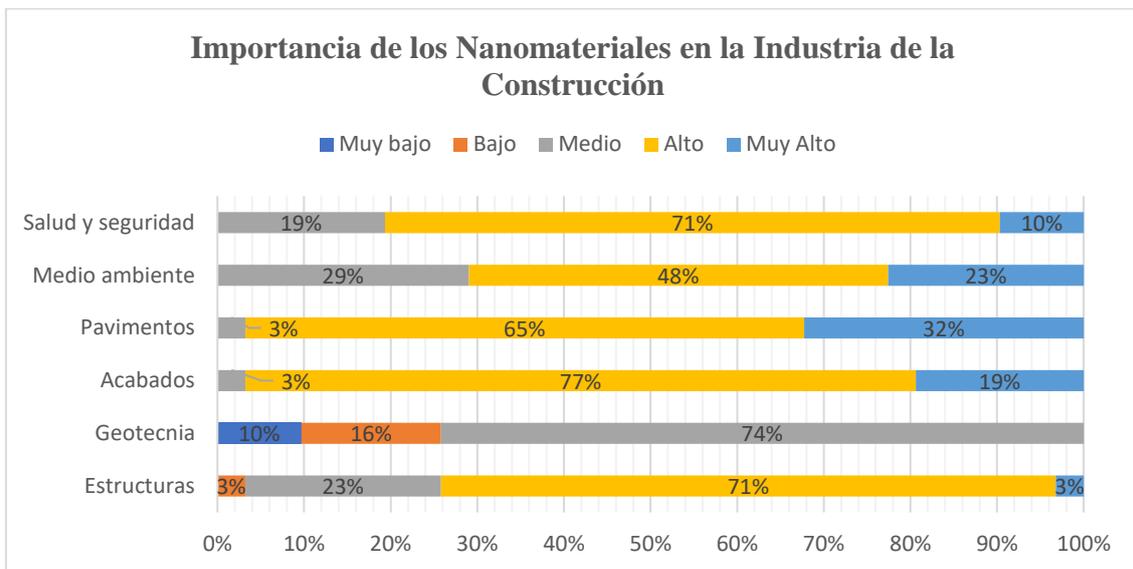
Fuente: Elaboración propia.

Aunque existe poca comprensión sobre cómo la nanotecnología podría afectar la industria de la construcción, existe siquiera el 19% de los encuestados pensó que la nanotecnología tendría “un impacto más que significativo” en su campo de operación. El 26 % de los encuestados cree que la nanotecnología tendría un “impacto mínimo” y el 16 % no creen que la nanotecnología tendría algún impacto en su campo de operación. Lo que reafirma la contradicción de los involucrados en la investigación, “se reconoce un impacto en el uso de nanotecnología, mas no se hace uso de el”

Luego, los participantes de la encuesta se enfrentaron a áreas previamente identificadas en la construcción que se beneficiarían de la nanotecnología. En la encuesta a los profesionales de la construcción, las áreas consultadas de las aplicaciones de la nanotecnología en la construcción fueron Estructuras, Geotecnia, Acabados, Pavimentos, Medio ambiente y Salud y seguridad, bajo enfoques de Importancia, Potencial y Aporte.

La revisión de la literatura y las entrevistas iniciales con expertos ayudaron a formular estas preguntas para dominios de aplicaciones específicas. De la revisión de la literatura y la entrevista inicial con expertos, las áreas de aplicación mencionadas con mayor frecuencia fueron materiales usados en Estructuras (concreto, acero, aditivos), Geotecnia (arcillas, superficies funcionales), Acabados (revestimientos, pinturas y cerámicas), Pavimentos (asfalto) Medio Ambiente (energía, fotocátalisis, agua, etc.) y Salud y seguridad (seguridad, sensores, metrología).

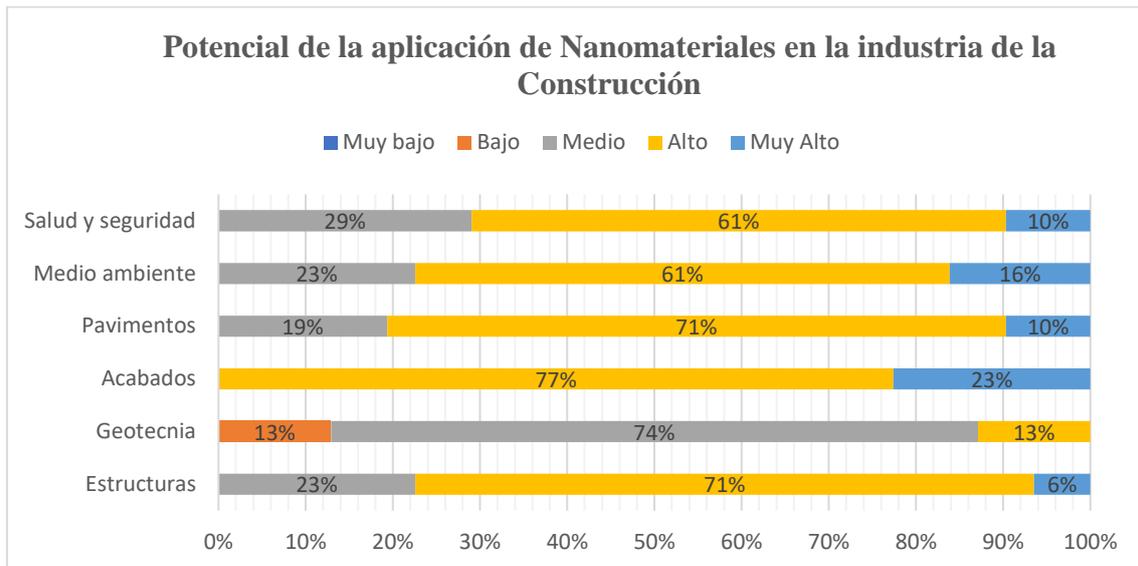
Figura 19: Importancia de los nanomateriales en la Industria de la construcción



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el aspecto de la Importancia de los Nanomateriales en la Industria de la Construcción, las áreas seleccionadas con mayor frecuencia con nivel “Alto” y “Muy alto” para las aplicaciones de la nanotecnología en la construcción con factores de Importancia fueron Acabados (96%), Pavimentos (97%) y Salud y seguridad (81%).

Figura 20: Potencial de los nanomateriales en la Industria de la construcción

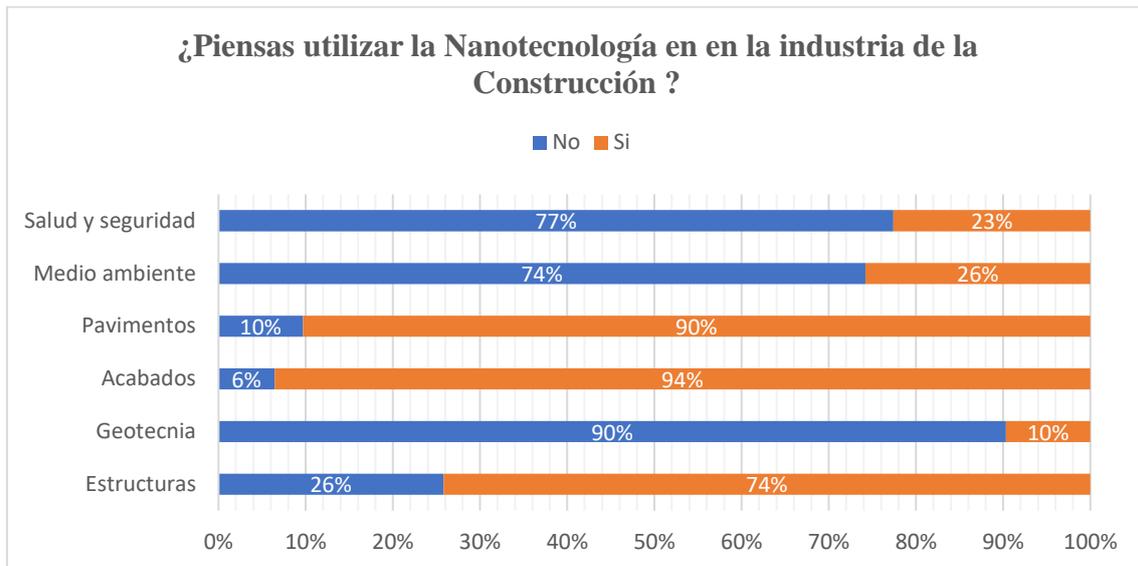


Fuente: Elaboración propia.

En el área de Potencial las respuestas muestran que en un 100% el área de acabados es la más resaltante. Seguidos por Pavimentos con 81%. Las siguientes se dividieron por igual (al 77 %) entre Estructuras y Medio Ambiente.

Las respuestas de ambas preguntas evidencian que el conocimiento de aplicación según especialidades en construcción es notable. El área de acabados es la más resaltante, así como pavimentos. Las aplicaciones de sus usos tienen gran impacto en los encuestados, lo que hace reflexionar y reafirmar que la brecha de la falta de conocimiento tiene muchas consecuencias. No solo se trunca un avance de la aplicación de nuevas tecnologías, sino también su desarrollo, ya que los nuevos materiales se van perfeccionando según su uso.

Figura 21: Intención de uso de nanotecnología en construcción



Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de la pregunta de si los encuestados piensan utilizar la Nanotecnología en construcción nos muestra que hay una gran aceptación de los nanomateriales en áreas como Estructuras, Acabados y Pavimentos. A pesar que el Potencial y la Importancia fueron liderados por las áreas de Medio ambiente y Salud y seguridad, la tendencia asegura que el uso se quiere dar en áreas más conocidas y que generan más ingresos en Construcción.

Estos resultados nos demuestran la contradicción que hay entre la importancia/potencial de los nanomateriales y su intención de uso. Ampliamente se demuestra en resultados anteriores que el potencial de los usos de los nanomateriales se puede dar en diferentes áreas de la construcción logrando avances tecnológicos que no solo dan un plus en ventaja competitiva a las empresas que lo usan, sino también en un beneficio social si se analiza los usos y obras donde se puedan aplicar; sin embargo no hay decisión ni intención tangible de las empresas en el uso de la nanotecnología en materiales, lo cual redundan en el estancamiento de la aplicación no solo de nanomateriales, si no de la tecnología en general.

Historias de éxito o comentarios de nanotecnología

Se obtuvo 3 respuestas que demuestran la debilidad del conocimiento y la utilización deficiente de la nanotecnología:

- “Esperemos que se apliquen en proyectos de infraestructura que beneficien a la población.”
- “La empleamos en un diseño de mezclas para un canal revestido con shotcrete.”
- “Creo que otra forma de notar el avance de la nanotecnología, son los múltiples productos que hoy en día existen y se presentan como "aditivos" para diferentes procesos constructivos.”

Ningún comentario demuestra un acercamiento real a la nanotecnología, con suficiente sustento de saber sus propiedades y beneficios. Por otro lado, se tiene conocimiento que se puede usar nanotecnología con el nombre de “aditivo”, lo que de la misma manera significa una limitación de difusión del nombre de nanotecnología.

Tampoco se evidencia que los encuestados tengan una responsabilidad social para el uso de estos nanomateriales que, si bien el primer impacto será en la empresa, sus beneficios en gran mayoría son sociales. Solo se percibe el resultado inmediato en obra.

5.2.4 Resultados para el objetivo específico 4

Objetivo Específico 04: Determinar los indicadores que reducen las brechas en el uso de la nanotecnología en la construcción.

Para la determinación de los indicadores que reducen la brecha de la utilización de la nanotecnología en las empresas constructoras nos basamos en la relación entre las variables independiente y dependiente.

– Hipótesis

La aplicación del método 6 Sigma mediante los indicadores de uso PESTEL permitirá analizar e identificar las brechas entre investigadores y empresas constructoras en la aplicación de la NT.

– Resultados

a) **Variable Independiente (VI): Indicadores de uso (PESTEL)**

Tabla 7: Datos Variable Independiente

Variable Independiente	Indicadores de uso	ITEMS	
		Políticos	P10-P18; P23-P46
		Económicos	
		Sociales	
		Tecnológicos	
		Ambientales	
		Legales	

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un baremo para recategorizar las preguntas (ítems) que fueron aplicada en escala de Likert (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) con la siguiente escala de transformación:

Tabla 8: Baremo – Variable Independiente

Nivel	Puntuaciones
Bajo	109-121
Regular	122- 134
Alto	135-147

Fuente: Elaboración propia.

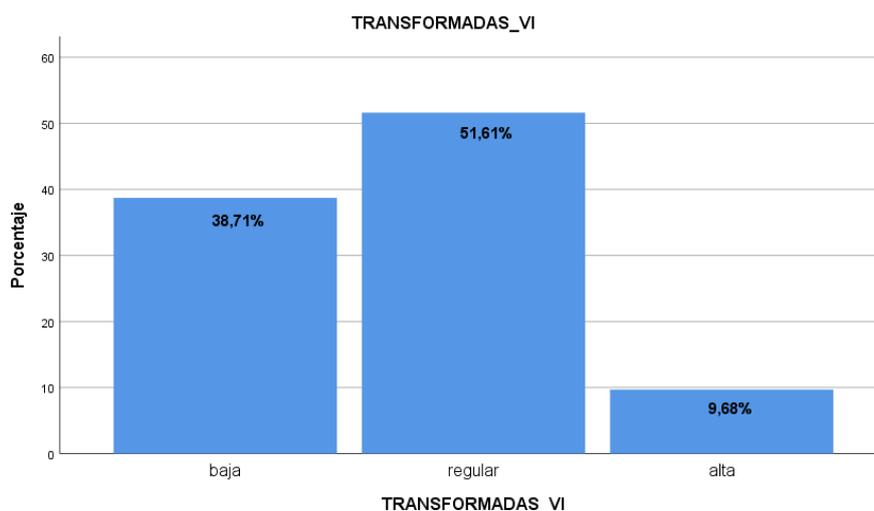
Los resultados fueron procesados usando software estadístico SPSS 26, a continuación, se muestran:

Tabla 9: Porcentajes válidos - VI Transformada

VI Transformada				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Baja	12	38,7	38,7
	Regular	16	51,6	90,3
	Alta	3	9,7	9,7
	Total	31	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 22: VI Transformada



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: La tabla y el gráfico nos muestran que más del 50% (51,6%) de los encuestados tienen una percepción regular de la aplicación o implementación de la utilización de la nanotecnología en las empresas constructoras.

b) Variable Dependiente (VD): Brecha de la nanotecnología en la construcción

Tabla 10: Datos Variable Dependiente

VARIABLES	INDICADORES	ITEMS
Variable Dependiente	Brecha de la nanotecnología en la construcción	Profesionales en la construcción P6 - P9, P19

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un baremo para recategorizar las preguntas (ítems) que fueron aplicada en escala de Likert (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) con la siguiente escala de transformación:

Tabla 11: Baremo – Variable Dependiente

Nivel	Puntuaciones
Bajo	8-12
Regular	13- 17
Alto	17-21

Fuente: Elaboración propia.

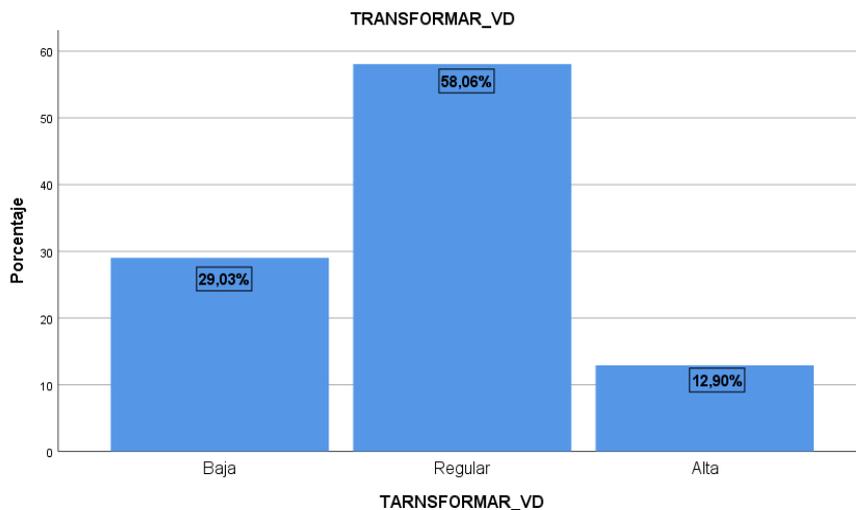
Los resultados fueron procesados usando software estadístico SPSS 26, a continuación, se muestran:

Tabla 12: VD Transformada

VD Transformada				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Baja	9	29,0	29,0
	Regular	18	58,1	87,1
	Alta	4	12,9	100,0
	Total	31	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 23: VD Transformada



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: La tabla y el gráfico nos muestran que más del 50% (58,06%) de los encuestados tienen una percepción regular de la brecha del uso de la nanotecnología en las empresas constructoras.

Se utilizó la prueba de rangos de Spearman, tratándose de variables en escala original ordinales utilizando escala de Likert. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 13: Tabla Cruzada VI Transformada – VD Transformada

		VD Transformada			Total
		Baja	Regular	Alta	
VI Transformada	Baja	9,7%	25,8%	3,2%	38,7%
	Regular	16,1%	32,3%	3,2%	51,6%
	Alta	3,2%		6,5%	9,7%
Total		29,0%	58,1%	12,9%	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

c) **Análisis entre la Variable Dependiente y los Indicadores PESTEL**

Para saber cuál indicador es el más influyente para poder cerrar la brecha de utilización de la nanotecnología en Arequipa se realizó un estudio independiente por cada uno. Cada Indicador PESTEL se correlacionó con los valores de la VD transformada. Los resultados son los siguientes:

Indicador: Político

Tabla 14: Datos Indicador político

Variable Independiente	Indicadores	Ítems
Indicadores de uso	Políticos	P23 - P28

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un baremo para recategorizar las preguntas (ítems) que fueron aplicada en escala de Likert (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) con la siguiente escala de transformación:

Tabla 15: Baremo – Indicador político

Nivel	Puntuaciones
Bajo	19-21
Regular	22- 24
Alto	25-26

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados fueron procesados usando software estadístico SPSS 26, a continuación, se muestran:

Tabla 16: Porcentajes válidos – Indicador político

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Baja	7	22,6	22,6
	Regular	20	64,5	87,1
	Alta	4	12,9	100,0
	Total	31	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia.

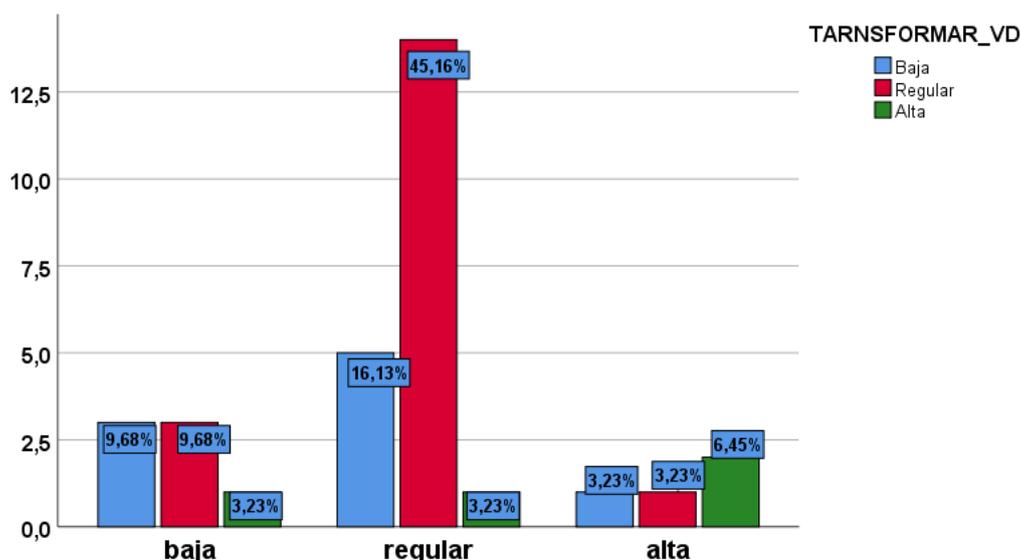
Se utilizó la prueba de rangos de Spearman, tratándose de variables en escala original ordinales utilizando escala de Likert. Los resultados se muestran a continuación

Tabla 17: Tabla Cruzada Indicador político – VD transformada

Tabla cruzada Indicador Político* VD Transformada					
% del total					
		VD Transformada			Total
		Baja	Regular	Alta	
Indicador Político	Baja	9,7%	9,7%	3,2%	22,6%
	Regular	16,1%	45,2%	3,2%	64,5%
	Alta	3,2%	3,2%	6,5%	12,9%
Total		29,0%	58,1%	12,9%	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 24: Indicador político – VD Transformada



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador político

		Indicador Político	VD Transformada
Rho de Spearman	Indicador Político	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	.
		N	31
	VD Transformada	Coefficiente de correlación	,378
		Sig. (bilateral)	,030
		N	31

Fuente: Elaboración propia.

El último cuadro nos muestra que el sig bilateral (p-valor) es $0.03 > 0.05$, entonces hay relación significativa entre el indicador político y la brecha de la nanotecnología en la construcción, es decir, el indicador político influye significativamente en la brecha de la nanotecnología en la construcción.

Indicador: Económico

Tabla 19: Datos Indicador económico

Variables	Indicadores	Ítems
Indicadores de uso	Económicos	P10, P13, P14

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un baremo para recategorizar las preguntas (ítems) que fueron aplicada en escala de Likert (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) con la siguiente escala de transformación:

Tabla 20: Baremo – Indicador económico

Nivel	Puntuaciones
Bajo	8-9
Regular	10-11
Alto	12-13

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados fueron procesados usando software estadístico SPSS 26, a continuación, se muestran:

Tabla 21: Porcentajes válidos – Indicador económico

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Baja	17	54,8	54,8
	Regular	13	41,9	96,8
	Alta	1	3,2	100,0
	Total	31	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó la prueba de rangos de Spearman, tratándose de variables en escala original ordinales utilizando escala de Likert. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 22: Tabla Cruzada Indicador económico – VD transformada

Tabla cruzada Indicador Económico * VD Transformada					
% del total					
		VD Transformada			Total
		Baja	Regular	Alta	
Indicador Económico	Baja	19,4%	29,0%	6,5%	54,8%
	Regular	9,7%	29,0%	3,2%	41,9%
	Alta			3,2%	3,2%
Total		29,0%	58,1%	12,9%	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 25: Indicador económico – VD transformada

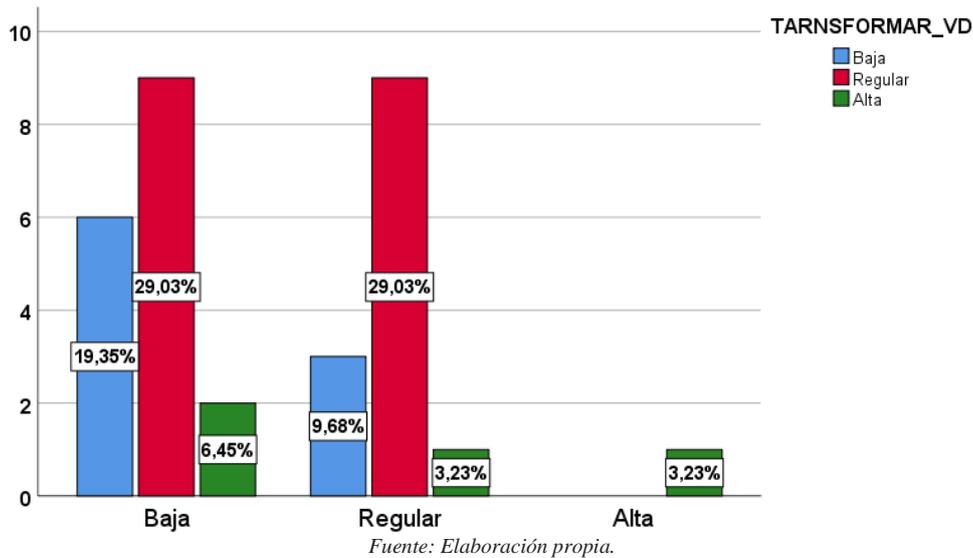


Tabla 23: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador económico

		Indicador Político	VD Transformada
Rho de Spearman	Indicador Económico	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	,063
		N	31
	VD Transformada	Coefficiente de correlación	-,086
		Sig. (bilateral)	,335
		N	31

Fuente: Elaboración propia.

El último cuadro nos muestra que el sig bilateral (p-valor) es $0.063 > 0.05$, entonces no hay relación significativa entre lo económico del uso de indicadores y la brecha de la nanotecnología en la construcción, es decir, no influye el uso de indicadores en la brecha de la nanotecnología en la construcción.

Indicador: Social

Tabla 24: Datos Indicador social

Variables	Indicadores	Ítems
Indicadores de uso	Sociales	P16, P35 - P40

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un baremo para recategorizar las preguntas (ítems) que fueron aplicada en escala de Likert (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) con la siguiente escala de transformación:

Tabla 25: Baremo – Indicador social

Nivel	Puntuaciones
Bajo	22-24
Regular	25-28
Alto	29-31

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados fueron procesados usando software estadístico SPSS 26, a continuación, se muestran:

Tabla 26: Porcentajes válidos – Indicador social

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Baja	3	9,7	9,7
	Regular	25	80,6	90,3
	Alta	3	9,7	100,0
	Total	31	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia.

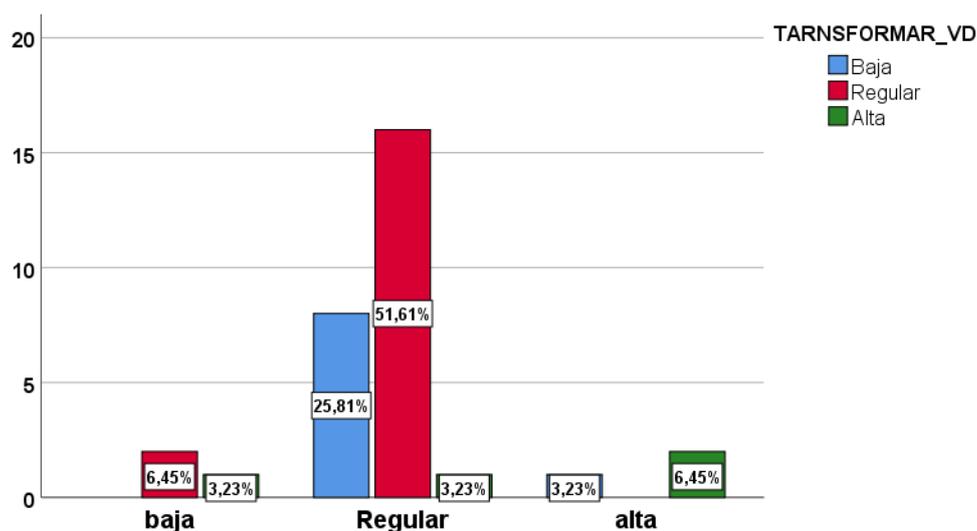
Se utilizó la prueba de rangos de Spearman, tratándose de variables en escala original ordinales utilizando escala de Likert. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 27: Tabla Cruzada Indicador social – VD transformada

Tabla cruzada Indicador Social * VD Transformada					
% del total					
		VD Transformada			Total
		Baja	Regular	Alta	
Indicador Social	Baja		6,5%	3,2%	9,7%
	Regular	25,8%	51,6%	3,2%	80,6%
	Alta	3,2%		6,5%	9,7%
Total		29,0%	58,1%	12,9%	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 26: Indicador social – VD transformada



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador social

		Indicador Social	VD Transformada
Rho de Spearman	Indicador Social	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	.
		N	31
	VD Transformada	Coefficiente de correlación	,154
		Sig. (bilateral)	,335
		N	31

Fuente: Elaboración propia.

El último cuadro nos muestra que el sig bilateral (p-valor) es $0.335 > 0.05$, entonces no hay relación significativa entre lo social del uso de indicadores y la brecha de la nanotecnología en la construcción, es decir, no influye el uso de indicadores en la brecha de la nanotecnología en la construcción.

Indicador: Tecnológico

Tabla 29: Datos Indicador tecnológico

VARIABLES	INDICADORES	ÍTEMS
Indicadores de uso	Tecnológicos	P11, P15, P17, P18

Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Se realizó un baremo para recategorizar las preguntas (ítems) que fueron aplicada en escala de Likert (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) con la siguiente escala de transformación:

Tabla 30: Baremo – Indicador tecnológico

Nivel	Puntuaciones
Bajo	28-31
Regular	32-35
Alto	36-40

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados fueron procesados usando software estadístico SPSS 26, a continuación, se muestran:

Tabla 31: Porcentajes válidos – Indicador tecnológico

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Baja	5	16,1	16,1
	Regular	23	74,2	90,3
	Alta	3	9,7	100,0
	Total	31	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia.

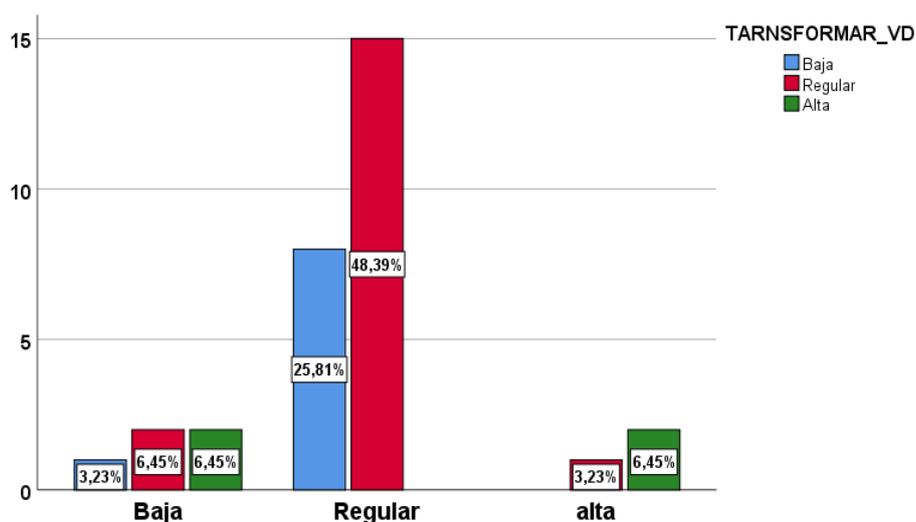
Se utilizó la prueba de rangos de Spearman, tratándose de variables en escala original ordinales utilizando escala de Likert. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 32: Tabla Cruzada Indicador tecnológico – VD transformada

Tabla cruzada Indicador Tecnológico * VD Transformada					
% del total					
		VD Transformada			Total
		Baja	Regular	Alta	
Indicador Tecnológico	Baja	3,2%	6,5%	6,5%	16,1%
	Regular	25,8%	48,4%		74,2%
	Alta		3,2%	6,5%	9,7%
Total		29,0%	58,1%	12,9%	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 27: Indicador tecnológico – VD transformada



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador tecnológico

		Indicador Tecnológico	VD Transformada
Rho de Spearman	Indicador Tecnológico	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	.
		N	31
	VD Transformada	Coefficiente de correlación	,227
		Sig. (bilateral)	,218
		N	31

Fuente: Elaboración propia.

El último cuadro nos muestra que el sig bilateral (p-valor) es $0.218 > 0.05$, entonces no hay relación significativa entre lo tecnológico del uso de indicadores y la brecha de la nanotecnología en la construcción, es decir, no influye el uso de indicadores en la brecha de la nanotecnología en la construcción.

Indicador: Ambiental

Tabla 34: Datos Indicador ambiental

Variabes	Indicadores	Ítems
Indicadores de uso	Ambiental	P12, P29 - P34

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un baremo para recategorizar las preguntas (ítems) que fueron aplicada en escala de Likert (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) con la siguiente escala de transformación:

Tabla 35: Baremo – Indicador ambiental

Nivel	Puntuaciones
Bajo	22-25
Regular	26-29
Alto	30-32

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados fueron procesados usando software estadístico SPSS 26, a continuación, se muestran:

Tabla 36: Porcentajes válidos – Indicador ambiental

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Baja	11	35,5	35,5
	Regular	17	54,8	90,3
	Alta	3	9,7	100,0
	Total	31	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia.

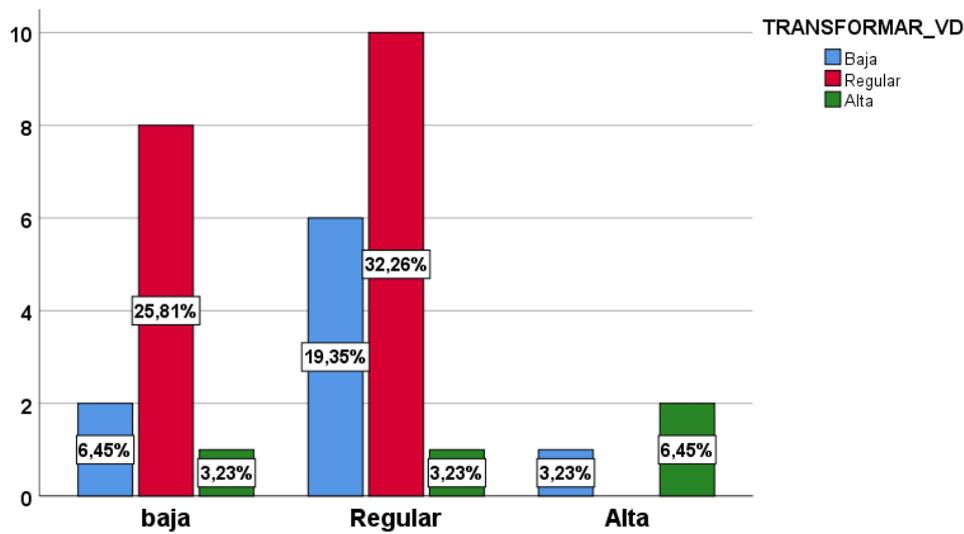
Se utilizó la prueba de rangos de Spearman, tratándose de variables en escala original ordinales utilizando escala de Likert. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 37: Tabla Cruzada Indicador ambiental – VD transformada

Tabla cruzada Indicador Ambientales * VD Transformada					
% del total					
		VD Transformada			Total
		Baja	Regular	Alta	
Indicador Ambiental	Baja	6,5%	25,8%	3,2%	35,5%
	Regular	19,4%	32,3%	3,2%	54,8%
	Alta	3,2%		6,5%	9,7%
	Total	29,0%	58,1%	12,9%	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 28: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador ambiental



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador ambiental

		Indicador Ambiental	VD Transformada
Rho de Spearman	Indicador Ambiental	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	.
		N	31
	VD Transformada	Coefficiente de correlación	,064
		Sig. (bilateral)	,769
		N	31

Fuente: Elaboración propia.

El último cuadro nos muestra que el sig bilateral (p-valor) es $0.769 > 0.05$, entonces no hay relación significativa entre lo ambiental del uso de indicadores y la brecha de la nanotecnología en la construcción, es decir, no influye el uso de indicadores en la brecha de la nanotecnología en la construcción.

Indicador: Legales

Tabla 39: Indicador legal

Variabes	Indicadores	Ítems
Indicadores de uso	Legales	P41 - P46

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un baremo para recategorizar las preguntas (ítems) que fueron aplicada en escala de Likert (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) con la siguiente escala de transformación:

Tabla 40: Baremo – Indicador legal

Nivel	Puntuaciones
Bajo	19-22
Regular	23- 26
Alto	27-29

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados fueron procesados usando software estadístico SPSS 26, a continuación, se muestran:

Tabla 41: Porcentajes válidos – Indicador legal

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Baja	9	29,0	29,0
	Regular	19	61,3	90,3
	Alta	3	9,7	100,0
	Total	31	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia.

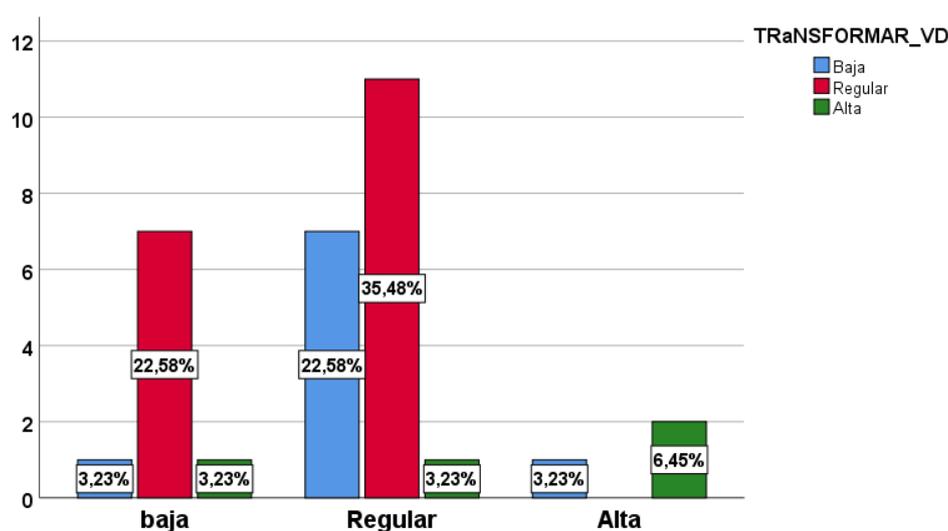
Se utilizó la prueba de rangos de Spearman, tratándose de variables en escala original ordinales utilizando escala de Likert. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 42: Tabla Cruzada Indicador legal – VD transformada

Tabla cruzada Indicador Legal * VD Transformada					
% del total					
		VD Transformada			Total
		Baja	Regular	Alta	
Indicador Legal	Baja	3,2%	22,6%	3,2%	29,0%
	Regular	22,6%	35,5%	3,2%	61,3%
	Alta	3,2%		6,5%	9,7%
Total		29,0%	58,1%	12,9%	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 29: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador legal



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43: Correlaciones Variable Dependiente – Indicador legal

		Indicador Legal	VD Transformada
Rho de Spearman	Indicador Legal	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	.
		N	31
	VD Transformada	Coefficiente de correlación	,249
		Sig. (bilateral)	,164
		N	31

Fuente: Elaboración propia.

El último cuadro nos muestra que el sig bilateral (p-valor) es $0.164 > 0.05$, entonces no hay relación significativa entre lo legal del uso de indicadores y la brecha de la nanotecnología en la construcción, es decir, no influye el uso de indicadores en la brecha de la nanotecnología en la construcción.

Resumen

Tabla 44: Tabla resumen de resultados

Variables	Indicadores	Coefficiente de correlación	p-valor
Independiente	Indicadores de uso	Político	0.378
		Económico	-,086
		Legal	,249

	Tecnológico	,227	0.218
	Social	,154	0.335
	Ambiental	,064	0.769

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Según el cuadro de resumen, el indicador que tiene una influencia mayor y significativa sobre la brecha de la nanotecnología en la construcción, es la política. Siguiéndole en orden, regidos siempre por el valor de significancia, son: Económico, Legal, Tecnológico, Social y Ambiental. Por lo tanto, con esta afirmación se corrobora la hipótesis en la que se plantea

se concluye que, habiendo analizado el nivel de significancia de los Indicadores PESTEL en la brecha de utilización de la NT en la construcción a partir del Método 6 Sigma y conociendo cuál de estos indicadores es el más influyente, es que ahora se podrá direccionar herramientas para poder reducir su alcance en el sector construcción en Arequipa. Con estos resultados también se cumple el objetivo de poder monitorear los Indicadores de uso en nanotecnología para lograr una mayor utilización de esta nueva tecnología.

Para este proceso se usó el programa de análisis estadístico SPSS v. 26, el cual proporciona la medida de coherencia interna o Alfa de Cronbach (Hernández, Fernández y Baptista, 2006). Para evaluar la confiabilidad de las preguntas o ítems es común emplear el coeficiente de alfa de Cronbach, a partir de varianzas, el método de cálculo requiere una sola administración del instrumento de medición, de acuerdo a lo siguiente, se puede clasificar la consistencia interna.

Tabla 45: Clasificación de consistencia interna

Alfa de Cronbach (α)	Consistencia interna
>0.9	Excelente
>0.8	Bueno
>0.7	Aceptable
>0.6	Cuestionable
>0.5	Pobre
<0.5	Inaceptable

Fuente: Hernández et al, (2006).

Tabla 46: Estadística de fiabilidad

Alfa de Cronbach (α)	N° de elementos
.770	53

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 7 el análisis de fiabilidad dio como resultado 0.77 y según la tabla categórica, se determina que el instrumento de medición es de consistencia interna con tendencia Aceptable.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La presente investigación da a conocer los indicadores PESTEL más influyentes que podrían reducir las brechas de utilización de la NT en la construcción en el contexto arequipeño, evaluando los resultados a partir del Nivel de Significancia, para lo cual se plantearon cuatro objetivos específicos, los cuales desarrollados de manera secuencial logran el objetivo general propuesto.

La implementación de nuevos materiales y nuevas tecnologías dentro de la industria de la construcción impulsaría el desempeño de la industria para que coincida con sus contrapartes de la industria.

Se utilizó una revisión de la literatura que presenta el campo de la nanotecnología en la construcción, entrevistas a expertos y una encuesta en línea a profesionales clave de la construcción para recopilar información sobre el estado actual y las perspectivas de la nanotecnología en la construcción.

De acuerdo al *objetivo específico número 1* buscamos la comprensión de la brecha de utilización de la nanotecnología en la construcción con la comparación y fichas de lectura, es así que se pudo entender el concepto de barreras de utilización de nanotecnología en la construcción: según varios autores, estas brechas se refieren a las barreras que encuentra un involucrado en la construcción al momento de querer innovar con nuevos materiales, especialmente nanotecnológicos.

De acuerdo al *objetivo específico número 2* en el cual se logró identificar las barreras que más se encuentra en nuestro ámbito, la ciudad de Arequipa. Dentro de las cuales resalta la falta de conocimiento de nuevos materiales en general, el temor a la pérdida de la inversión, mano de obra no calificada que tendría que hacer uso de estos materiales. Estas barreras fueron enunciadas de manera dispersa y sin un orden para poder cuantificarlas.

Para el desarrollo metodológico del *objetivo específico número 3* a través de un cuestionario de informantes estratégicos, se logró conocer por medio del análisis del Método 6 Sigma los indicadores PESTEL que existen en un ámbito arequipeño. La definición de los indicadores nos dio el resultado que todos, tanto Políticos, Económicos,

Social, Tecnológicos, Medioambientales y Legales tenían cabida en este análisis en la ciudad de Arequipa. Haciendo mención al autor Vigneshkumar, C., (2014), que menciona las principales barreras de uso de nanomateriales en India, se puede evidenciar una relación con las barreras encontradas en nuestra investigación.

Finalmente, para el *objetivo específico número 4* se determina según estadística que el indicador más influyente es el: Político. Los indicadores siguientes que tienen una influencia mayor pero no significativa sobre la brecha de la nanotecnología en la construcción son: los económicos y los legales. Esto se puede evidenciar no solo con materiales de construcción, si no con la tecnología en general en esta industria. No obstante, los desafíos surgidos deben ser abordados por todas las partes involucradas para garantizar una implementación exitosa. Si bien el factor político ha sido identificado como el factor crítico que tiene la mayor influencia hacia la implementación exitosa, los otros factores contribuyentes indican que estos factores están relacionados entre sí y deben abordarse simultáneamente.

La innovación en tecnologías en empresas constructoras, como se demuestra en resultados de la entrevista a expertos, evidencia el entendimiento y conocimiento de su importancia e impacto. Así mismo, con el análisis estadístico hecho en el *objetivo específico 4* el 51,6% de los encuestados tienen una percepción regular de la aplicación o implementación de la utilización de la nanotecnología en las empresas constructoras, pero a pesar de estos resultados la encuesta revela que no se tiene la intención de usarlos.

Como conclusión general se pudo interpretar que los indicadores de uso Político, Económico y Legal hacen que esta brecha de utilización de nanotecnología exista. Estos tres indicadores se relacionan entre si ya que las empresas constructoras dependen de los órganos de gobierno y las autoridades pertinentes para brindar apoyo a estas implementaciones a través de programas de financiación y también de asociaciones de colaboración mediante un marco normativo que tenga en cuenta el medio ambiente, el transporte, la manipulación, la seguridad, las herramientas de evaluación de riesgos orientadas a la industria y la salud, la seguridad y la exposición en el trabajo de estos nuevos materiales.

La investigación en nanotecnología relacionada con la construcción aún está en fase inicial, sin embargo, este trabajo ha demostrado los principales beneficios y barreras que permiten definir el efecto de la nanotecnología en la construcción. Se debe superar estas

limitaciones de la industria de la construcción como hojas de ruta y planes estratégicos, para aprovechar los beneficios que ofrece la nanotecnología.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda tomar los resultados de la encuesta para establecer estrategias de concientización de la aplicación de la nanotecnología en la construcción, principalmente en obras públicas de beneficio social.
- Proporcionar suficiente información a los tomadores de decisiones en las empresas constructoras. Investigar, catalogar, identificar y promover las mejores prácticas de construcción para estrategias de comercialización y apoyo financiero gubernamental puede ser un primer paso para crear una relación saludable y productiva entre la industria, los investigadores y los fabricantes.
- Involucrar más activamente a la industria de la construcción en la investigación científica y desarrollo de nanotecnología ya que pocas empresas de construcción actualmente consideran las aplicaciones de nanotecnología como parte de sus operaciones de inversión y desarrollo.
- Las investigaciones tienen que estar directamente dirigidas a brindar un aporte en las soluciones de los problemas medioambientales mediante la aplicación de nanomateriales en la construcción.
- Al comprender los manejos actuales que guían a las partes interesadas en el sector de la construcción, la nuestro enfoque puede cambiar a enfoques de investigación integrados, como incentivar la investigación de integración sociotécnica y llevarla al campo de la gestión organizacional.
- Es por ello que se debe involucrar profesionales de diferentes áreas tales como sociólogos, psicólogos, ingenieros ambientales. Esta estrategia multidisciplinaria ayudará a evaluar y proponer de manera efectiva para romper esas barreras de malos conceptos para introducir una tecnología nueva, tal como se está aplicando en países desarrollados.

REFERENCIAS

- Abdelhamid, T. S. (2003, July). Six Sigma in lean construction systems: opportunities and challenges. In Proceedings of the 11th Annual Conference for Lean Construction (pp. 22-24).
- Allam, S. Z. Nanoscience and Nanotechnology in Architecture.
- Aguirre Bastos, C., Mercado, A. F., Aguirre, J. L., Portugal, R. E., Paredes, C. F., Aguilar, T. J., & Gupta, M. P. (2008). NANOTECNOLOGÍA EN LOS PAÍSES ANDINOS. Las nanotecnologías en América Latina. Ciudad de México: Porrúa.
- Arora, S. K., Foley, R. W., Youtie, J., Shapira, P., & Wiek, A. (2014). Drivers of technology adoption—the case of nanomaterials in building construction. *Technological Forecasting and Social Change*, 87, 232-244.
- Balconi, M. & Laboranti, A. (2006). University–industry interactions in applied research: The case of microelectronics. *Research Policy*, 35(10), 1616-1630.
- Bataineh, S. (2019). Lean Construction and Six Sigma Operations in Construction and Real Estate.
- Biscarini and, F., Taliani, C., Chen, J., & Komanduri, R. (2002). Nanomanufacturing and Processing—Research, Education, Infrastructure, Security, Resource.
- Birla, S. S., Tiwari, V. V., Gade, A. K., Ingle, A. P., Yadav, A. P., & Rai, M. K. (2009). Fabrication of silver nanoparticles by *Phoma glomerata* and its combined effect against *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. *Letters in Applied Microbiology*, 48(2), 173-179.
- Blayse, A. M., & Manley, K. (2004). Key influences on construction innovation. *Construction innovation*.
- Bribián, I. Z., Capilla, A. V., & Usón, A. A. (2011). Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and environment*, 46(5), 1133-1140.
- Bygballe, L. E., & Ingemansson, M. (2014). The logic of innovation in construction. *Industrial marketing management*, 43(3), 512-524.

- Chen, D.H. & Dahlman, C.J. (2005). The knowledge economy, the KAM methodology and World Bank operations. World Bank Institute. Working Paper.
- Chen, Y., & Pepin, A. (2001). Nanofabrication: Conventional and nonconventional methods. *Electrophoresis*, 22(2), 187-207.
- Contreras, F. H., Roldán, J. L. D., & Alvarez, M. A. V. (2014). Seis Sigma como técnica de control de calidad para incrementar la Competitividad en empresas locales. *Repositorio de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 8(1).
- Dainty, A. R., Millett, S. J., & Briscoe, G. H. (2001). New perspectives on construction supply chain integration. *Supply chain management: An international journal*.
- De Mast, J., & Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 604-614.
- D'este, P. & Patel, P. (2007). University—industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry? *Research Policy*, 36, 1295—1313
- Djokoto, S. D., Dadzie, J., & Ohemeng-Ababio, E. (2014). Barriers to sustainable construction in the Ghanaian construction industry: consultants perspectives. *Journal of Sustainable Development*, 7(1), 134.
- DMAIC Tools. (2012). DMAIC Tools. Six Sigma Training Resources. Recuperado el 20 de Enero de 2012, de www.dmaictools.com
- Drexler, K. E., Peterson, C., & Pergamit, G. (1991). Unbounding the Future: The Nanotechnology Revolution. New York, William Morrow. In *Quill Books* (p. 225).
- Fan, T. X., Chow, S. K., & Zhang, D. (2009). Biomorphic mineralization: from biology to materials. *Progress in Materials Science*, 54(5), 542-659.
- Gates, B. D., Xu, Q., Stewart, M., Ryan, D., Willson, C. G., & Whitesides, G. M. (2005). New approaches to nanofabrication: molding, printing, and other techniques. *Chemical reviews*, 105(4), 1171-1196.
- Gogotsi, Y. (2006). *Nanomaterials handbook*. CRC press.

- Gong, P., Li, H., He, X., Wang, K., Hu, J., Tan, W., ... & Yang, X. (2007). Preparation and antibacterial activity of Fe₃O₄@ Ag nanoparticles. *Nanotechnology*, 18(28), 285604.
- Han, S. H., Chae, M. J., Im, K. S., & Ryu, H. D. (2008). Six sigma-based approach to improve performance in construction operations. *Journal of management in Engineering*, 24(1), 21-31.
- Hanus, M. J., & Harris, A. T. (2013). Nanotechnology innovations for the construction industry. *Progress in materials science*, 58(7), 1056-1102.
- Hasan, S. (2015). A review on nanoparticles: their synthesis and types. *Res. J. Recent Sci*, 2277, 2502.
- Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). México^ eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana.
- Kamali, S., Sanajou, S., & Tazehzadeh, M. N. (2019). NANOMATERIALS IN CONSTRUCTION AND THEIR POTENTIAL IMPACTS ON HUMAN HEALTH AND THE ENVIRONMENT. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 18(11).
- Kashiwagi, D., Chong, N., Costilla, M., McMenimen, F., & Egbu, C. (2004, September). Impact of six sigma on construction performance. In 20th Annual ARCOM Conference (Vol. 1, pp. 13-23).
- Khandve, P. (2014). Nanotechnology for building material. *International Journal of Basic and Applied Research*, 4, 146-151.
- Kim, Y. W., & Han, S. H. (2012, July). Implementing Lean Six Sigma: A case study in concrete panel production. In Proceedings of the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, San Diego, CA, USA (pp. 18-20).
- Klosova, D., & Kozlovská, M. (2020, June). Innovation in construction: trends and obstructions of adoption and implementation. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 867, No. 1, p. 012019). IOP Publishing.
- Lester, P. E., Inman, D., & Bishop, L. K. (2014). *Handbook of tests and measurement in education and the social sciences*. Rowman & Littlefield.

- Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., & Choo, A. S. (2003). Six Sigma: a goal-theoretic perspective. *Journal of Operations management*, 21(2), 193-203.
- Liu, S., Yu, J., & Mann, S. (2009). Spontaneous construction of photoactive hollow TiO₂ microspheres and chains. *Nanotechnology*, 20(32), 325606.
- Mohamed, A. S. Y. (2015). Nano-innovation in construction, a new era of sustainability. *energy*, 65, 28.
- Ninahuanca, C. (Mayo 25, 2021). “El sector construcción genera más de un millón de empleos al año.” *El Peruano*. <https://elperuano.pe/noticia/121379-el-sector-construccion-genera-mas-de-un-millon-de-empleos-al-ano>
- Olar, R. (2011). Nanomaterials and nanotechnologies for civil engineering. *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi. Sectia Constructii, Arhitectura*, 57(4), 109.
- Porter, M. (1998) *On Competition*, Harvard Business Review Book Series, Cambridge, MA
- Salamanca-Buentello, F., Persad, D. L., Court, E. B., Martin, D. K., Daar, A. S., & Singer, P. A. (2005). Nanotechnology and the developing world. *PLoS Medicine*, 2(5), e97.
- Schroeder, R. G., Linderman, K., Liedtke, C., & Choo, A. S. (2008). Six Sigma: Definition and underlying theory. *Journal of operations Management*, 26(4), 536-554.
- Serpell, A. and Ocaranza, R. (2001) Technology innovation in the Chilean construction industry: a diagnosis of the current situation. *Proceedings of the First International Conference on Innovation in Architecture, Engineering and Construction*, Loughborough University, July, pp. 299–308.
- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process: a case study. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 238, 590-596.
- Soto Abanto, S. E. (2018). *¿Qué tipo de muestreo se debe utilizar en una tesis?* Recuperado de: <https://tesis-ciencia.com/2018/08/29/muestreo-muestra-tesis>

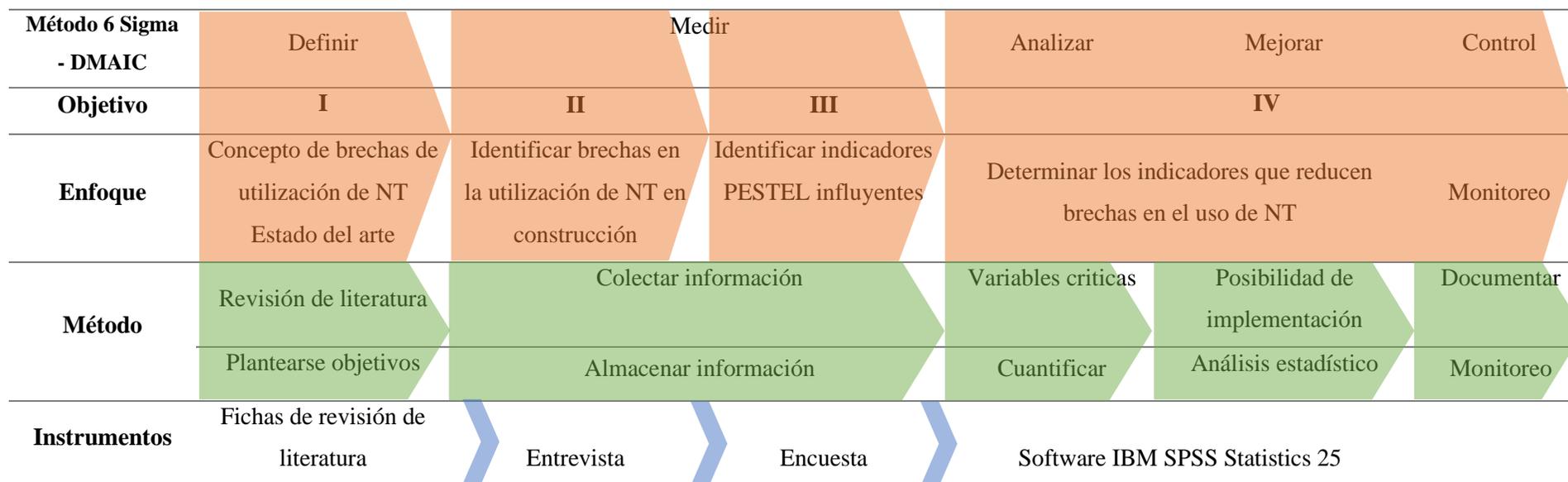
- Teizer, J., Venugopal, M., Teizer, W., & Felkl, J. (2012). Nanotechnology and its impact on construction: bridging the gap between researchers and industry professionals. *Journal of Construction Engineering and management*, 138(5), 594-604.
- Torres Arriaga, M. G. (2019). Análisis PESTEL.
- Tsotsis, G. (2018). Aplicaciones de la nanotecnología en los materiales de la construcción (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Van Broekhuizen, P., van Broekhuizen, F., Cornelissen, R., & Reijnders, L. (2011). Use of nanomaterials in the European construction industry and some occupational health aspects thereof. *Journal of Nanoparticle Research*, 13(2), 447-462.
- Vega-Centeno, M., Morales, R., & Roselli, R. (2007). Tecnologías Convergentes en Perú. Informe preparado para el Proyecto “Tecnologías Convergentes en los Países Andinos”. Lima, marzo.
- Venugopal, M., Teizer, J., & Teizer, W. (2009). Nanotechnology: Benefits, Barriers, and Impact on Construction. In *Construction Research Congress 2009: Building a Sustainable Future* (pp. 447-456).
- Vidal Correa, L. E. (2016). Análisis comparativo de la regulación en Nanotecnología en Estados Unidos y la Unión Europea. *Boletín mexicano de derecho comparado*, 49(147), 277-301.
- Vigneshkumar, C. (2014). Study on nanomaterials and application of nanotechnology and its impacts in construction. *Discovery*, 23(2014), 8-12.
- Wigger, H., Hackmann, S., Zimmermann, T., Köser, J., Thöming, J., & von Gleich, A. (2015). Influences of use activities and waste management on environmental releases of engineered nanomaterials. *Science of the Total Environment*, 535, 160-171.
- Williams, K., & Dair, C. (2007). What is stopping sustainable building in England? Barriers experienced by stakeholders in delivering sustainable developments. *Sustainable Development*, 15(3), 135-147. <http://dx.doi.org/10.1002/sd.308>
- Xia, Y., Rogers, J. A., Paul, K. E., & Whitesides, G. M. (1999). Unconventional methods for fabricating and patterning nanostructures. *Chemical reviews*, 99(7), 1823-1848.

- Yepes, V., & Pellicer, E. (2005). Aplicación de la metodología 6 Sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Zhang, Y., Evans, J. R., Yang, S., Frazier, W., Wang, C., Xu, Z., & Zhu, G. (2020). Metallurgical and Materials Transactions A. Metallurgical and materials transactions, (January 2020).
- Zhu, W., Bartos, P. J., & Porro, A. (2004). Application of nanotechnology in construction. *Materials and Structures*, 37(9), 649-658.
- Zu, X., Fredendall, L. D., & Douglas, T. J. (2008). The evolving theory of quality management: the role of Six Sigma. *Journal of operations Management*, 26(5), 630-650.

APÉNDICES

- Anexo 1: **Esquema diseño metodológico. Propuesta de investigación**
- Anexo 2: **Matriz de Consistencia**
- Anexo 3: **Diagrama de Revisión de literatura**
- Anexo 4: **Diagrama de Base Conceptual**
- Anexo 5: **Matriz de Operacionalización de Variables**
- Anexo 6: **Diagrama de Marco Real**
- Anexo 7: **Matriz de Diseño Metodológico**
- Anexo 8: **Instrumento 01 - Ficha de revisión de literatura**
- Anexo 9: **Instrumento 02 - Ficha Técnica e Instrumento - Entrevista**
- Anexo 10: **Instrumento 03 - Ficha Técnica e Instrumento - Encuesta**
- Anexo 11: **Instrumento 04: Infografía**
- Anexo 12: **Resultado del procesamiento de la Encuesta**

Anexo 1: Esquema diseño metodológico. Propuesta de investigación



Anexo 2: Matriz de Consistencia

BRECHA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN: INDICADORES DE USO A PARTIR DEL MÉTODO 6 – SIGMA EN EMPRESAS CONSTRUCTORAS INMOBILIARIAS EN LA REGIÓN AREQUIPA

Bach.: Ximena Luque Castillo

Asesor: M.Sc. Edgar García Anco



MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS GENERAL
<p>Las diversas aplicaciones de los nanomateriales (NMs) tienen el potencial de tener importantes beneficios económicos, ambientales y sociales.</p> <p>Wigger, H., et al. (2015) sostiene que una evaluación adecuada de las innovaciones basadas en NMs exigen su inclusión no solo en la salud humana, medio ambiente, sino también, en aspectos relacionados con la gestión sostenible de materiales.</p> <p>La innovación en nanotecnología (NT) se ve obstaculizada por falta de datos y limitaciones de conocimiento en la evaluación de los riesgos e impactos de sus productos.</p> <p>Con el avance de la NT, surgen desafíos con respecto a la evaluación de sus riesgos y beneficios potenciales. Según Oesterreich y Teuteberg, el problema incluye complejidad, incertidumbre, cadena de suministro fragmentada, pensamiento a corto plazo y cultura.</p>	<p>¿Cuáles son las brechas de utilización de la NT en la construcción a partir del Método 6 Sigma para identificar las barreras más influyentes, con la finalidad de aplicar indicadores de uso (PESTEL) en empresas constructoras inmobiliarias líderes en la región Arequipa?</p> <p>¿Qué son las brechas de utilización en construcción?</p> <p>¿Cuáles son las brechas de utilización en construcción?</p> <p>¿Qué es el método 6 Sigma?</p> <p>¿Cuáles son los indicadores PESTEL identificados por el método 6 Sigma?</p> <p>¿Cuáles son los indicadores de uso que reducen las brechas de uso en la nanotecnología en la construcción?</p>	<p>OBJETIVO PRINCIPAL</p> <p>Analizar la brecha de utilización de la NT en la construcción (investigadores - empresas constructoras) a partir del Método 6 Sigma para identificar las barreras más influyentes, con la finalidad de aplicar indicadores de uso (PESTEL) en empresas constructoras inmobiliarias líderes en la región Arequipa.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> – Entender el concepto de brechas de utilización de NT en construcción. – Identificar que brechas aparecen ante la utilización de NT en la construcción. – Identificar los indicadores de Uso PESTEL en nanotecnología en la construcción a través del Método 6 Sigma en empresas constructoras. – Determinar los indicadores que reducen las brechas en el uso de la NT en la construcción. 	<p>La aplicación del método 6 Sigma mediante los indicadores de uso PESTEL permitirá analizar e identificar las brechas entre investigadores y empresas constructoras en la aplicación de la NT.</p> <p>UNIDADES DE ANÁLISIS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brecha de utilización de NT en la construcción entre investigadores y empresas constructoras. • Indicadores de uso (PESTEL). • Brecha de utilización de NT en la construcción. • Empresas constructoras inmobiliarias líderes en Arequipa.

Anexo 3: Diagrama de Revisión de literatura



Anexo 4: Diagrama de Base Conceptual

BRECHA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN: INDICADORES DE USO A PARTIR DEL MÉTODO 6 – SIGMA EN EMPRESAS CONSTRUCTORAS INMOBILIARIAS EN LA REGIÓN AREQUIPA

Bach.: Ximena Luque Castillo

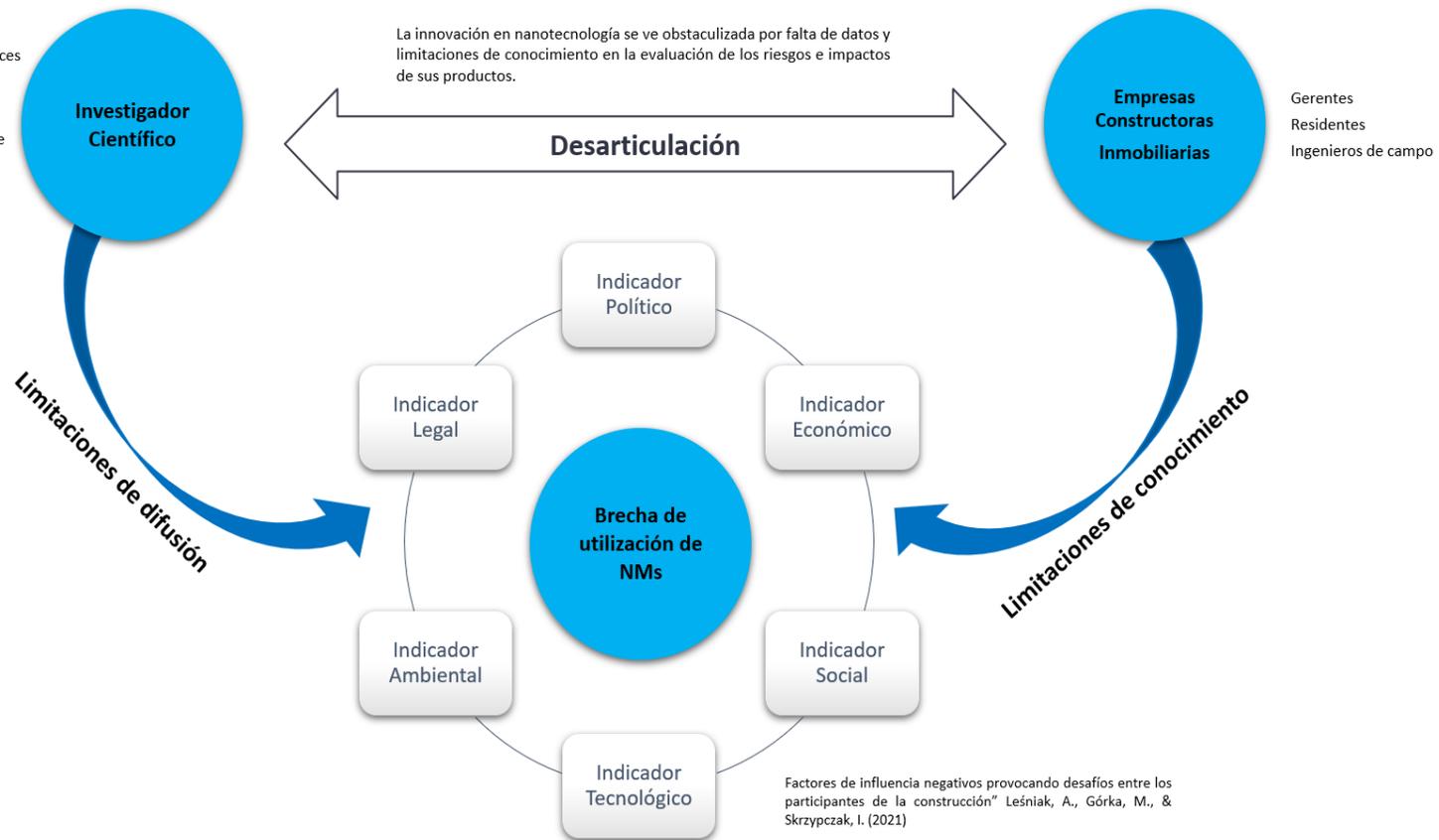
Asesor: M.Sc. Edgar García Anco



Profesionales que publican avances en investigación y desarrollo

- NMT's
- Técnicas de nanofabricación
- Propiedades en materiales de construcción.

Teizer, J., et al. (2012)



Anexo 5: Matriz de Operacionalización de Variables

BRECHA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN: INDICADORES DE USO A PARTIR DEL MÉTODO 6 – SIGMA EN EMPRESAS CONSTRUCTORAS INMOBILIARIAS EN LA REGIÓN AREQUIPA

Bach.: Ximena Luque Castillo

Asesor: M.Sc. Edgar García Anco



OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN	SUBVARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES	MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	REACTIVOS	
<p>La aplicación del método 6 Sigma mediante los indicadores de uso PESTEL permitirá analizar e identificar las brechas entre investigadores y empresas constructoras en la aplicación de la NT.</p>	Brecha de la nanotecnología en la construcción	<p>El uso de nanomateriales en la construcción es reducido, principalmente por las siguientes razones: la falta de conocimiento sobre los nanomateriales para la construcción y su comportamiento, la falta de normas específicas para el diseño y ejecución de elementos constructivos, la reducida oferta de nanoprodutos, la falta de información sobre el producto, altos precios, los riesgos desconocidos para la salud.</p>	Brecha de la nanotecnología	<p>La situación del conocimiento y comprensión de la nanotecnología se detecta en la comunidad científica e industrial del país. En el sector productivo existe un interés dominante por otras innovaciones; muy poco por la nanotecnología, y en general existe una falta evidente de conciencia acerca de las nuevas tecnologías y sus posibles impactos.</p>	Literatura especializada	Análisis de literatura especializada	Fichas de literatura Instrumento 01	
					Investigadores en NT	Entrevista dirigida y encuesta		
					Profesionales en la construcción	Entrevista dirigida y encuesta		
		Indicadores de uso	<p>La brecha existente entre pensadores y hacedores es una de las principales razones detrás del fracaso del sistema de investigación moderno en el campo de la gestión.</p>	Nanotecnología en la construcción	<p>Es referido a la elección de los nanomateriales con potencial uso en la construcción, el estudio de sus características; el estudio del comportamiento, el desarrollo de estándares específicos de diseño y construcción.</p>	Literatura especializada	Análisis de literatura especializada	Fichas de literatura Instrumento 01
				Método 6 Sigma	<p>6 Sigma es un método organizado y sistemático para la mejora de procesos estratégicos y el desarrollo de nuevos productos y servicios. La filosofía 6 Sigma aporta una metodología de mejora basada en un esquema denominado DMAIC</p>	DMAIC	<p>Proceso estratégico (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) mediante encuesta</p> <p>Análisis de resultados</p>	Instrumento 03
				Desafíos de los NMs	<p>Actualmente, el uso de nanomateriales en la construcción se reduce, principalmente por las siguientes razones: el desconocimiento sobre los nanomateriales adecuados para la construcción y su comportamiento; la falta de estándares específicos para el diseño y ejecución de los elementos constructivos utilizando nanomateriales; la reducida oferta de nanoprodutos; la falta de información detallada sobre el contenido de nanoprodutos; altos precios; el desconocimiento de los riesgos para la salud asociados con los nanomateriales, etc. Olar, R. (2011);</p>	Políticos	Encuesta cerrada (Escala de Likert y opción múltiple)	Instrumento 03 (2.1, 2.2, 2.5, sección 4, 5.2, 5.6)
		Económicos	Encuesta cerrada (Escala de Likert y opción múltiple)			Instrumento 03 (5.2)		
		Sociales	Encuesta cerrada (Escala de Likert y opción múltiple, preguntas abiertas)			Instrumento 03 (2.4, 5.1, 5.2, 5.4, sección 6)		
		Tecnológicos	Encuesta cerrada (Escala de Likert y opción múltiple)			Instrumento 03 (2.3, sección 3, sección 4, 5.1, 5.2, 5.3)		
		Ambientales	Encuesta cerrada (Escala de Likert y opción múltiple)			Instrumento 03 (sección 4)		
		Legales	Encuesta cerrada (Escala de Likert y opción múltiple)			Instrumento 03 (5.5)		
		Empresas constructoras de Arequipa	<p>Empresas que llevan a cabo operaciones con propiedades. Este tipo de acciones pueden ser desde compra-venta, renta, traspaso, hasta desarrollo y construcción, propiamente, de espacios como casas, departamentos, locales, edificios, naves, bodegas, oficinas, terrenos, entre otros</p>	Empresas constructoras inmobiliarias de Arequipa	Profesionales de construcción con conocimientos y experiencia basta para la dirección técnica de proyectos de construcción.	Proyectos	Encuesta cerrada	Instrumento 03 (1.0)
	Valoración de m2			Encuesta cerrada	Instrumento 03 (1.2)			
				Experiencia	Encuesta cerrada	Instrumento 03 (1.3)		

Anexo 6: **Diagrama de Marco Real**

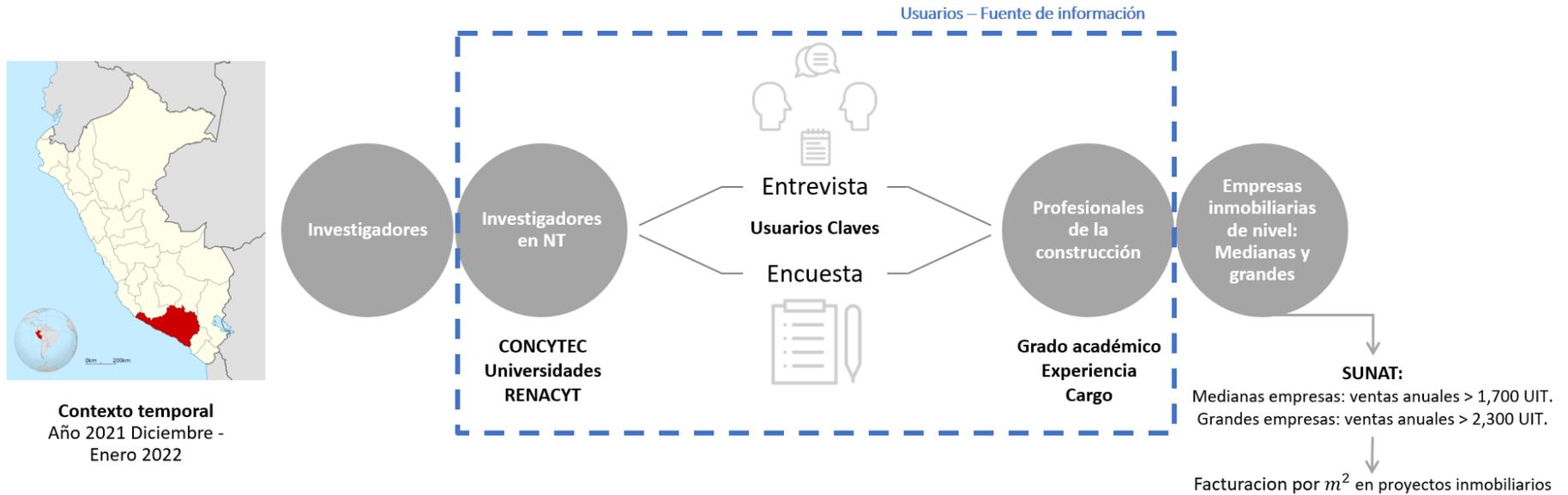
BRECHA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN: INDICADORES DE USO A PARTIR DEL MÉTODO 6 – SIGMA EN EMPRESAS CONSTRUCTORAS INMOBILIARIAS EN LA REGIÓN AREQUIPA

Bach.: Ximena Luque Castillo

Asesor: M.Sc. Edgar García Anco



MARCO REAL



Anexo 7: Matriz de Diseño Metodológico

BRECHA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN: INDICADORES DE USO A PARTIR DEL MÉTODO 6 – SIGMA EN EMPRESAS CONSTRUCTORAS INMOBILIARIAS EN LA REGIÓN AREQUIPA

Bach.: Ximena Luque Castillo

Asesor: M.Sc. Edgar García Anco



DISEÑO METODOLÓGICO

OBJETIVO GENERAL								
Identificar la brecha de utilización de la nanotecnología en la construcción (entre investigadores y empresas constructoras) a partir del método 6 sigma con la finalidad de promover su aplicación en empresas constructoras líderes en la región Arequipa								
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ENFOQUE	ALCANCE	MÉTODO	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTO	FUENTES DE INFORMACIÓN	MUESTREO	VALIDEZ
Entender el concepto de brechas de utilización de NT en construcción.	Cualitativo (Hernández Sampieri, et al, 2014)	Descriptivo (Hernández Sampieri, et al, 2014)	Análisis Documental Creswell JW. (2009)	Análisis de contenido de documentos Creswell JW. (2009)	Ficha de Revisión de Literatura (Seminario de tesis I UNSA)	Literatura Académica: Artículos indexados (Web of Science, SCOPUS) Literatura Técnica	Muestra Teórica temática por conveniencia (Hernández Sampieri, et al, 2014)	Confiabilidad (Hernández Sampieri, et al, 2014)
Identificar que brechas aparecen ante la utilización de NT en la construcción.	Cualitativo (Hernández Sampieri, et al, 2014)	Descriptivo (Hernández Sampieri, et al, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> DMAIC (D – M) Entrevista cerrada Teizer (2012)	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de Datos Entrevista virtual 	<ul style="list-style-type: none"> Método 6 Sigma Mohamed, A. S. Y. (2015) Guía de entrevista cerrada 	<ul style="list-style-type: none"> Investigadores Profesionales de la construcción 	Muestreo no Probabilístico (Hernández Sampieri, et al, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> Confiabilidad Validación de instrumentos (Hernández Sampieri, et al, 2014)
			Análisis Documental Creswell JW. (2009)	Análisis de contenido de documentos Creswell JW. (2009)	Ficha de Revisión de Literatura (Seminario de tesis I UNSA)	Literatura Académica: Artículos indexados (Web of Science, SCOPUS) Literatura Técnica	Muestra Teórica temática por conveniencia (Hernández Sampieri, et al, 2014)	Confiabilidad (Hernández Sampieri, et al, 2014)
Identificar los indicadores de Uso PESTEL en nanotecnología en la construcción a través del Método 6 Sigma en empresas constructoras.	Cuantitativo (Hernández Sampieri, et al, 2014)	Descriptivo (Hernández Sampieri, et al, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> DMAIC (A) Infografía informativa Encuesta analítica Teizer (2012)	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de Datos Cuestionario Virtual 	<ul style="list-style-type: none"> Metodo 6 Sigma Mohamed, A. S. Y. (2015) Encuesta analítica Teizer (2012) 	<ul style="list-style-type: none"> Investigadores Profesionales de la construcción Teizer (2012)	Muestreo no Probabilístico (Hernández Sampieri, et al, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> Confiabilidad Validación de instrumentos (Hernández Sampieri, et al, 2014)
Determinar los indicadores que reducen las brechas en el uso de la NT en la construcción.	Cualitativo (Hernández Sampieri, et al, 2014)	Descriptivo (Hernández Sampieri, et al, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> DMAIC (I - C) Análisis de información 	Procesamiento de datos	Metodo 6 Sigma Mohamed, A. S. Y. (2015)	<ul style="list-style-type: none"> Investigadores Profesionales de la construcción Teizer (2012)	Muestreo no Probabilístico (Hernández Sampieri, et al, 2014)	Credibilidad (Relevancia de la información).

Anexo 8: **Instrumento 01 - Ficha de revisión de literatura**

Palabras Clave: nanotecnología, nanomateriales, brechas de aplicación.

FICHA TÉCNICA REVISIÓN DE LITERATURA	
<i>Tema del artículo</i>	
<i>Palabras clave</i>	
<i>Propósito y/o objetivo general</i>	
<i>Argumentos principales</i>	
<i>Conclusiones del autor</i>	
<i>Parafraseo (reflexiones)</i>	
<i>Metodología</i>	
<i>Referencia apa</i>	
<i>Referencia link</i>	

FICHA DE REVISIÓN DE LITERATURA – NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES FOR CIVIL ENGINEERING

Tema de Investigación: “Brecha de la nanotecnología en la construcción: indicadores de uso a partir del método 6 – sigma en empresas constructoras inmobiliarias en la región Arequipa”

Autor: Ximena Elizabeth Luque Castillo

Palabras Clave: Nanotecnología, investigación, empresas constructoras, método 6 sigma, brecha de utilización, barrera

REVISIÓN DE LITERATURA	
<i>Tema del artículo</i>	NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES FOR CIVIL ENGINEERING
<i>Palabras clave</i>	Nanomateriales, nanotecnologías, comportamiento estructural, construcción.
<i>Propósito y/o objetivo general</i>	Es necesario conocer como la nanotecnología se relaciona con la industria de la construcción, empezando por los nanomateriales y su aplicación.
<i>Argumentos principales</i>	Las investigaciones recientes sobre nanomateriales y nanotecnologías han puesto de relieve el uso potencial de estos materiales en diversos campos como la medicina, la construcción, la industria del automóvil, la energía, las telecomunicaciones y la informática. Esto se debe a las características especiales de los materiales a nanoescala. El dominio de los materiales de construcción puede ser uno de los principales beneficiarios de estas investigaciones, con aplicaciones que mejorarán las características del hormigón, acero, vidrio y materiales aislantes.
<i>Conclusiones del autor</i>	El uso de nanomateriales en la composición de algunos materiales, como el cemento, dará como resultado una reducción significativa de la contaminación por CO ₂ , nuevas propiedades y nuevos beneficios.
<i>Parfraseo (reflexiones)</i>	Se puede concluir que el uso de nanomateriales en la construcción es viable en cuatro grandes direcciones de desarrollo: hormigón estructural; monitoreo estructural en tiempo real; revestimientos y pinturas; aislamientos térmicos.
<i>Metodología</i>	Análisis de textos para su posterior descripción. Alcance descriptivo.
<i>Referencia APA</i>	Olar, R. (2011). Nanomaterials and nanotechnologies for civil engineering.
<i>Referencia link</i>	https://www.proquest.com/openview/79d80b7287de5c73cd29c4a5c228ea9e/1?pq-origsite=gscholar&cbl=55208

FICHA DE REVISIÓN DE LITERATURA - STUDY ON NANOMATERIALS AND APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY AND ITS IMPACTS IN CONSTRUCTION

Tema de Investigación: “La nanotecnología en la construcción: cerrando la brecha entre investigadores y empresas constructoras a partir del método 6 – Sigma en la región Arequipa”

Autor: Ximena Elizabeth Luque Castillo

Palabras Clave: Nanotecnología, investigación, empresas constructoras, método 6 sigma, brecha de utilización, barrera

FICHA TÉCNICA REVISIÓN DE LITERATURA	
Tema del artículo	Estudio de nanomateriales y aplicación de la nanotecnología y sus impactos en la construcción
Palabras clave	Nanomateriales; nanotecnologías; estructural conducta; construcción
Propósito y/o objetivo general	El propósito es señalar una dirección clara entre las áreas de desarrollo de la nanotecnología donde el proceso de construcción aprovecharía inmediatamente la nanotecnología. La información es esencial tanto para la educación como para la investigación en ingeniería de la construcción.
Argumentos principales	Actualmente, el uso de nanomateriales en la construcción se reduce, principalmente por las siguientes razones: el desconocimiento sobre los nanomateriales adecuados para la construcción y su comportamiento; la falta de estándares específicos para el diseño y ejecución de los elementos constructivos utilizando nanomateriales; la reducida oferta de nanoproductos; la falta de información detallada sobre el contenido de nanoproductos; altos precios; el desconocimiento de los riesgos para la salud asociados con los nanomateriales.
Conclusiones del autor	Es necesario y urgente regular la construcción y su desempeño relacionado de manera sustentable. La nanotecnología se convierte en un arma de doble filo para la industria de la construcción. Se necesitan más esfuerzos de investigación con diseño y planificación inteligente. Es necesario establecer un sistema para identificar los nanomateriales de construcción ecológicos y sostenibles y evitar el uso de materiales nocivos en el futuro.
Parafraseo (reflexiones)	La nanotecnología se puede utilizar para procesos de diseño y construcción en muchas áreas, ya que los productos generados por nanotecnología tienen muchas características únicas. Estas características pueden, nuevamente, solucionar significativamente los problemas de construcción actuales y pueden cambiar los requisitos y la organización del proceso de construcción.
Metodología	Este documento examina y documenta los productos basados en nanotecnología aplicables que pueden mejorar la competitividad general de la construcción.
Referencia APA	Vigneshkumar, C. (2014). Study on nanomaterials and application of nanotechnology and its impacts in construction.
Referencia link	

FICHA DE REVISIÓN DE LITERATURA - INDUSTRIAL REVOLUTION 4.0 IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR STAKEHOLDERS

Tema de Investigación: “La nanotecnología en la construcción: cerrando la brecha entre investigadores y empresas constructoras a partir del método 6 – Sigma en la región Arequipa”

Autor: Ximena Elizabeth Luque Castillo

Palabras Clave: Nanotecnología, investigación, empresas constructoras, método 6 sigma, brecha de utilización, barrera

FICHA TÉCNICA REVISIÓN DE LITERATURA	
Tema del artículo	Revolución industrial 4.0 en la industria de la construcción: desafíos y oportunidades para las partes interesadas
Palabras clave	Revolución industrial 4.0, Industria de la construcción, Tecnologías innovadoras, Desafíos, Oportunidades.
Propósito y/o objetivo general	Este artículo lleva a cabo una revisión integral para identificar los principales problemas que retrasan la implementación de tecnologías relacionadas con RI 4.0 dentro de la industria de la construcción y las oportunidades que se obtienen a largo plazo.
Argumentos principales	Al comparar las progresiones entre múltiples industrias, la industria de la construcción es reacia a incorporar estas tecnologías innovadoras en sus prácticas comunes a pesar de los drásticos desarrollos demostrados por las otras industrias.
Conclusiones del autor	El factor social es el factor crítico con la mayor influencia para la implementación exitosa de avances tecnológicos. La implementación de la RI 4.0 dentro de la industria de la construcción impulsaría el desempeño de la industria para que coincida con sus contrapartes, como la industria manufacturera y automotriz.
Parafraseo (reflexiones)	La industria de la construcción tiene un grave problema al resistirse al cambio de nuevas tecnologías. Los factores más importantes por los que no se da este cambio son los factores sociales y económicos.
Metodología	Se realiza un análisis documental de las tecnologías de la revolución industrial 4.0 y luego una encuesta dirigida.
Referencia APA	Alaloul, W. S., Liew, M. S., Zawawi, N. A. W. A., & Kennedy, I. B. (2020). Industrial Revolution 4.0 in the construction industry: Challenges and opportunities for stakeholders.
Referencia link	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447919301157

FICHA DE REVISIÓN DE LITERATURA - NANOTECNOLOGÍA EN LOS PAÍSES ANDINOS

Tema de Investigación: “La nanotecnología en la construcción: cerrando la brecha entre investigadores y empresas constructoras a partir del método 6 – Sigma en la región Arequipa”

Autor: Ximena Elizabeth Luque Castillo

Palabras Clave: Nanotecnología, investigación, empresas constructoras, método 6 sigma, brecha de utilización, barrera

FICHA TÉCNICA REVISIÓN DE LITERATURA	
Tema del artículo	Nanotecnología en los países andinos
Palabras clave	Nanotecnología, desarrollo, investigación.
Propósito y/o objetivo general	En este artículo se analiza el estado de las nuevas tecnologías alrededor de la escala nano en los países de América Latina.
Argumentos principales	En muchos países de la región la nanotecnología ha sido reconocida como un campo de desarrollo estratégico y a tal efecto se están adoptando nuevas políticas y estrategias públicas y privadas.
Conclusiones del autor	Toda la Subregión Andina enfrenta desafíos sociales y económicos de magnitud, los cuales para una solución requieren de la contribución de la investigación e innovación
Parafraseo (reflexiones)	Muchos de los beneficios prometidos por la nanotecnología a países en desarrollo sólo se materializarán si se ponen en marcha políticas globales para guiar las tecnologías hacia el desarrollo sostenible. Se necesita un esfuerzo de los gobiernos para lograr estos objetivos.
Metodología	En este artículo se analizará la situación general de la nanotecnología especialmente en los países de Colombia, Ecuador y Perú. Se analizará los proyectos de investigación, las publicaciones científicas realizadas, eventos académicos, cursos en tecnologías, leyes y estímulos en nanotecnología.
Referencia APA	Aguirre Bastos, C., Mercado, A. F., Aguirre, J. L., Portugal, R. E., Paredes, C. F., Aguilar, T. J., & Gupta, M. P. (2008). NANOTECNOLOGÍA EN LOS PAÍSES ANDINOS. Las nanotecnologías en América Latina. Ciudad de México: Porrúa.
Referencia link	https://www.researchgate.net/profile/CarlosAguirreBastos/publication/320781722_Nanotecnologias_en_los_Paises_Andinos/links/5a1ee8100f7e9b9d5e005f8e/Nanotecnologias-en-los-Paises-Andinos.pdf

FICHA DE REVISIÓN DE LITERATURA - NANO INNOVACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN, UNA NUEVA ERA DE SOSTENIBILIDAD

Tema de Investigación: “La nanotecnología en la construcción: cerrando la brecha entre investigadores y empresas constructoras a partir del método 6 – Sigma en la región Arequipa”

Autor: Ximena Elizabeth Luque Castillo

Palabras Clave: Nanotecnología, investigación, empresas constructoras, método 6 sigma, brecha de utilización, barrera

FICHA TÉCNICA REVISIÓN DE LITERATURA	
Tema del artículo	Nano innovación en la construcción, una nueva era de sostenibilidad
Palabras clave	Sostenibilidad, nanotecnología, nanoarquitectura, construcción, nanoinnovación, nanoarquitectura sostenible (SNA).
Propósito y/o objetivo general	El artículo busca describir como la nanotecnología aplicada a los materiales de construcción representa un ejemplo cómo la innovación combina cada vez más la ecoeficiencia y el enfoque basado en el conocimiento para desarrollar nuevas clases de productos, a menudo sustitutos de las tecnologías convencionales, con el objetivo de abrir nuevos mercados.
Argumentos principales	La sostenibilidad se está convirtiendo en el tema más importante en todos los campos en todo el mundo, en arquitectura y construcción es muy importante hacer sostenibilidad, es el objetivo principal para lograr la protección de la salud humana y el medio ambiente. Ahora la nanotecnología ofrece una gran cantidad de materiales y aplicaciones en el campo de la arquitectura y la construcción que pueden incidir positivamente para lograr una nanoarquitectura sostenible.
Conclusiones del autor	La nanotecnología permanece en su etapa previa a la exploración; recién está emergiendo de la investigación fundamental a la aplicación industrial. Por lo tanto, las aplicaciones a gran escala, especialmente en la construcción, son limitadas. Sin embargo, el enorme potencial de la nanotecnología para mejorar el rendimiento de los materiales y procesos convencionales es muy prometedor.
Parfraseo (reflexiones)	Cuanto más se incremente la capacidad de controlar la materia a nivel molecular, más potencial será su diseño y su manipulación.
Metodología	El artículo presenta un estudio analítico sobre cómo creamos innovación en la intersección entre las necesidades del sector de la construcción sostenible y las oportunidades nanotecnológicas emergentes. Además, el documento tiene como objetivo proporcionar un marco para abordar cuestiones relevantes de la nanoconstrucción sostenible, brindar una descripción general y ejemplos ilustrativos de los primeros desarrollos actuales.
Referencia APA	Mohamed, A. S. Y. (2015). Nano-innovation in construction, a new era of sustainability. <i>energy</i> , 65, 28.
Referencia link	https://web.archive.org/web/20180602104001id_/http://ia-e.org/siteadmin/upload/5714IAE0415416.pdf

FICHA DE REVISIÓN DE LITERATURA - IMPULSORES DE LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA: EL CASO DE LOS NANOMATERIALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS

Tema de Investigación: “La nanotecnología en la construcción: cerrando la brecha entre investigadores y empresas constructoras a partir del método 6 – Sigma en la región Arequipa”

Autor: Ximena Elizabeth Luque Castillo

Palabras Clave: Nanotecnología, investigación, empresas constructoras, método 6 sigma, brecha de utilización, barrera

FICHA TÉCNICA REVISIÓN DE LITERATURA	
Tema del artículo	Este artículo examina cómo el sector de la construcción en los Estados Unidos evalúa los nanomateriales para su adopción.
Palabras clave	Nanotecnología, nanomateriales, construcción de estructuras, difusión, adopción.
Propósito y/o objetivo general	El artículo es un análisis de la oferta de nanomateriales y la identificación de los roles de los actores en la adopción de tecnología. Los resultados indican que el conocimiento de los MNP es más amplio de lo previsto.
Argumentos principales	Con el sector de la edificación y la construcción contribuyendo significativamente a las emisiones globales de gases de efecto invernadero, existe una gran demanda de materiales de construcción eficientes en cuanto a recursos y energía. Se espera que los productos de nanotecnología manufacturados (MNP, por sus siglas en inglés) logren la eficiencia energética y de recursos a través de mejoras en el rendimiento de la resistencia, la ligereza y las propiedades aislantes de los materiales de construcción. Sin embargo, la adopción real de MNP se ha retrasado.
Conclusiones del autor	La adopción de MNP está limitada por un proceso de evaluación de tecnología de múltiples componentes centrado principalmente en la aplicabilidad de la tecnología a los resultados basados en proyectos.
Parfraseo (reflexiones)	El desajuste entre la oferta y la demanda de los nanomateriales es evidente, es por esto que los resultados indican un crecimiento de las patentes de nanotecnología en insumos claves en la construcción. sin embargo, las partes interesadas muestran niveles moderados de conocimiento y evaluación.
Metodología	El artículo presenta un estudio de literatura especializada sobre el uso de la nanotecnología en la construcción. De igual manera hay una encuesta a especialistas en construcción.
Referencia APA	Arora, S. K., Foley, R. W., Youtie, J., Shapira, P., & Wiek, A. (2014). Drivers of technology adoption—the case of nanomaterials in building construction. <i>Technological Forecasting and Social Change</i> , 87, 232-244.
Referencia link	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162513003247

**FICHA DE REVISIÓN DE LITERATURA - APLICACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN
RESUMEN DE UN INFORME SOBRE EL ESTADO DEL ARTE**

Tema de Investigación: “La nanotecnología en la construcción: cerrando la brecha entre investigadores y empresas constructoras a partir del método 6 – Sigma en la región Arequipa”

Autor: Ximena Elizabeth Luque Castillo

Palabras Clave: Nanotecnología, investigación, empresas constructoras, método 6 sigma, brecha de utilización, barrera

FICHA TÉCNICA REVISIÓN DE LITERATURA	
Tema del artículo	Estado del arte de la nanotecnología en construcción
Palabras clave	Nanotecnología, construcción.
Propósito y/o objetivo general	El artículo es un resumen ampliado del informe de estado del arte sobre la Aplicación de la Nanotecnología en la Construcción, que es una de las principales tareas de un proyecto europeo relacionado a la creación de una Red de Excelencia en Nanotecnología en la Construcción.
Argumentos principales	La nanotecnología se trata esencialmente de nuevas formas de hacer cosas a través de la comprensión y el control de sectores fundamentales de la construcción. Es probable que esto cambie la forma en que casi todo está diseñado y fabricado. Con el respaldo de una financiación sin precedentes, la nanotecnología está emergiendo rápidamente como la revolución industrial del siglo XXI.
Conclusiones del autor	Se ha pronosticado un enorme potencial para las aplicaciones de la nanotecnología en la construcción, e incluso pequeñas mejoras en los materiales y procesos podrían generar grandes beneficios acumulados.
Parfraseo (reflexiones)	La aparición de nanotecnología en la construcción tiene grandes ambiciones por parte de las empresas productoras, pero existe una brecha de conocimiento de sus aplicaciones, lo que conduce a un retraso de la industria.
Metodología	El artículo presenta un estudio de la actualidad del uso de la nanotecnología en la construcción. también se basa en una encuesta a la NNI, donde demuestra las principales brechas de aplicación que hay en el mercado.
Referencia APA	Zhu, W., Bartos, P. J., & Porro, A. (2004). Application of nanotechnology in construction. <i>Materials and Structures</i> , 37(9), 649-658.
Referencia link	https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF02483294.pdf

FICHA DE REVISIÓN DE LITERATURA - INNOVACIONES EN NANOTECNOLOGÍA PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Tema de Investigación: “La nanotecnología en la construcción: cerrando la brecha entre investigadores y empresas constructoras a partir del método 6 – Sigma en la región Arequipa”

Autor: Ximena Elizabeth Luque Castillo

Palabras Clave: Nanotecnología, investigación, empresas constructoras, método 6 sigma, brecha de utilización, barrera

FICHA TÉCNICA REVISIÓN DE LITERATURA	
Tema del artículo	Desafíos que enfrenta la industria de la construcción desde el rendimiento de materiales y sus propiedades.
Palabras clave	Nanotecnología, nanomateriales, innovación.
Propósito y/o objetivo general	La investigación se propone evidenciar el desarrollo que la aplicación de la nanotecnología puede mejorar el rendimiento de los materiales de construcción tradicionales.
Argumentos principales	La investigación demuestra que la nanotecnología puede contribuir a nuevos sistemas de construcción, entre ellos, las estructuras son las más favorecidas por la gran variedad de mejoras que presentan estos materiales, también se refleja en materiales de coberturas que pueden dar beneficios en refrigeración y mejorar su funcionalidad y el aislamiento. También se está utilizando una variedad de nanomateriales para agregar nuevas funcionalidades, como propiedades de autolimpieza, a los productos tradicionales de la industria de la construcción, por ejemplo, pintura y cemento.
Conclusiones del autor	La adopción de MNP está limitada por un proceso de evaluación de tecnología de múltiples componentes centrado principalmente en la aplicabilidad de la tecnología a los resultados basados en proyectos.
Parfraseo (reflexiones)	Los productos de primera generación están disponibles en el mercado y los avances posteriores son evidentes en la literatura académica. Para que los primeros materiales se vean más difundidos y los siguientes tengan esa aceptación se necesita una mayor motivación de la industria de la construcción.
Metodología	El artículo presenta un estudio de literatura especializada sobre el uso de la nanotecnología en la construcción.
Referencia APA	Hanus, M. J., & Harris, A. T. (2013). Nanotechnology innovations for the construction industry. <i>Progress in materials science</i> , 58(7), 1056-1102.
Referencia link	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0079642513000352?casa_token=PAnt9-VM490AAAAA:JTspk7Bydse2oPjAAfhMrb2PIhicE4c6JcTmwCPhxcI9u5dPewfOscwgkwz8I5hXITWKqjPOpBgSOg

FICHA DE REVISIÓN DE LITERATURA - NANOTECNOLOGÍA: VENTAJAS E INCONVENIENTES EN EL CAMPO DE LA CONSTRUCCIÓN Y LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Tema de Investigación: “La nanotecnología en la construcción: cerrando la brecha entre investigadores y empresas constructoras a partir del método 6 – Sigma en la región Arequipa”

Autor: Ximena Elizabeth Luque Castillo

Palabras Clave: Nanotecnología, investigación, empresas constructoras, método 6 sigma, brecha de utilización, barrera

FICHA TÉCNICA REVISIÓN DE LITERATURA	
Tema del artículo	Desafíos que enfrenta la industria de la construcción desde el rendimiento de materiales y sus propiedades.
Palabras clave	Nanotecnología, Nanomateriales, Nanoindentación, Fotocatálisis, Nanotoxicidad.
Propósito y/o objetivo general	Este artículo revisa el conocimiento actual sobre nanotecnología y nanomateriales utilizados por la industria de la construcción. Abarca el análisis a nanoescala de los productos de hidratación del cemento Portland, el uso de nanopartículas para aumentar la resistencia y la durabilidad de los compuestos cementosos, la capacidad fotocatalítica de los nanomateriales y también los riesgos de nanotoxicidad.
Argumentos principales	La nanotecnología parece tener la clave que permite que la construcción y los materiales de construcción repliquen las características de los sistemas naturales mejorados hasta la perfección durante millones de años.
Conclusiones del autor	Aunque la replicación de sistemas naturales es una de las áreas más prometedoras de esta tecnología, los científicos todavía están tratando de comprender sus asombrosas complejidades. La nanotecnología tiene el potencial de ser la clave para un mundo completamente nuevo en el campo de la construcción y los materiales de construcción.
Parafraseo (reflexiones)	Se reconoce que las áreas más prometedoras de la nanotecnología aún se siguen investigando, pero mientras estas aplicaciones no sean difundidas los nanoprodutos no podrán ser utilizados en forma masiva.
Metodología	El artículo presenta un estudio de literatura especializada sobre el uso de la nanotecnología en la construcción.
Referencia APA	Pacheco-Torgal, F., & Jalali, S. (2011). Nanotechnology: Advantages and drawbacks in the field of construction and building materials. <i>Construction and building materials</i> , 25(2), 582-590.
Referencia link	https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/10831/1/Nanotechnology.pdf

FICHA DE REVISIÓN DE LITERATURA - NANOTECNOLOGÍA: NANOTECNOLOGÍA: BENEFICIOS, BARRERAS, E IMPACTO EN LA CONSTRUCCIÓN

Tema de Investigación: “La nanotecnología en la construcción: cerrando la brecha entre investigadores y empresas constructoras a partir del método 6 – Sigma en la región Arequipa”

Autor: Ximena Elizabeth Luque Castillo

Palabras Clave: Nanotecnología, investigación, empresas constructoras, método 6 sigma, brecha de utilización, barrera

FICHA TÉCNICA REVISIÓN DE LITERATURA	
Tema del artículo	Situaciones actuales que enfrenta la nanotecnología en la construcción
Palabras clave	Nanotecnología, industria de la construcción, Nanomateriales.
Propósito y/o objetivo general	Este artículo trata de entender la nanotecnología en el contexto de la construcción y explora el actual escenario de la nanotecnología en la industria de la construcción.
Argumentos principales	La investigación en nanotecnología y el desarrollo de productos se llevan a cabo activamente en muchas industrias, por ejemplo, en los sectores de fabricación, electrónica y salud. Como muestran muchos estudios de investigación, la industria de la construcción sigue estas tendencias, pero no asume un papel de liderazgo en la mayoría de los esfuerzos actuales en Nanotecnología.
Conclusiones del autor	Con un conocimiento adecuado de los productos y técnicas que ofrece la nanotecnología, la industria de la construcción tiene el potencial de mejorar la eficiencia de algunos de sus propios procesos y ofrecer mejores productos a los consumidores y clientes.
Parafraseo (reflexiones)	Los beneficios y barreras en la construcción impactan de manera severa en la innovación de la industria. Las principales brechas para que los beneficios se expongan son las barreras sociales.
Metodología	Con el fin de identificar los beneficios potenciales y las barreras existentes, se realizó una extensa revisión de la literatura y una encuesta, que se complementa con varias entrevistas personales.
Referencia APA	Venugopal, M., Teizer, J., & Teizer, W. (2009). Nanotechnology: Benefits, Barriers, and Impact on Construction. In Construction Research Congress 2009: Building a Sustainable Future (pp. 447-456).
Referencia link	https://www.youtube.com/watch?v=0ml87trZ75Q

Anexo 9: **Instrumento 02 - Ficha Técnica e Instrumento - Entrevista**

FICHA TÉCNICA

Título del proyecto: BRECHA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN: INDICADORES DE USO A PARTIR DEL MÉTODO 6 – SIGMA EN EMPRESAS CONSTRUCTORAS INMOBILIARIAS EN LA REGIÓN AREQUIPA

INSTRUMENTO: ENTREVISTA	
Objetivo	Obtener información relevante de parte de uno o varios expertos en temas relacionados a la investigación en nanotecnología y a involucrados en proyectos de construcción. Este objetivo se logra a través de la interacción directa entre el entrevistador y entrevistado, obteniendo respuestas verbales aportadas por el sujeto de estudio.
Ámbito y universo	Compuesto por investigadores y profesionales en la investigación y construcción respectivamente, con amplia experiencia en temas relacionados a nanotecnología, innovación y gestión de materiales en la región Arequipa.
Tamaño de la muestra	Conformada por 04 profesionales (expertos) en temas relacionados a la investigación en nanotecnología y a involucrados en construcción, seleccionados a juicio en base a la trayectoria de estos, tomando en cuenta prioritariamente su experiencia profesional tanto en investigación como en construcción.
Método de muestreo	Tipo de muestreo no probabilístico, a juicio. Las unidades de muestreo no se seleccionan al azar si no que se basan en el criterio del investigador.
Instrumento de recolección	Se emplea el tipo de entrevista de investigación estructurada, a través de la elaboración de un formulario con preguntas estandarizadas. Se realizarán las mismas preguntas a los 4 sujetos de estudio.
Fecha de aplicación	Enero de 2022

Aplicado por: Ing. Ximena E. Luque Castillo

Lugar de trabajo: Arequipa

Firma:



ENTREVISTA

Aplicación de la nanotecnología en la construcción

ENTREVISTA AL EXPERTO	
<i>Entrevistado</i>	
<i>Profesión</i>	
<i>Cargo actual</i>	
<i>Lugar</i>	
<i>Duración</i>	
<i>Entrevistador</i>	

GUIÓN DE ENTREVISTA

1. ¿Cuánto conoce usted acerca de la construcción 4.0?
2. ¿Sabe usted que son los materiales nanotecnológicos?
3. En la industria de la construcción, ¿en qué áreas cree que la nanotecnología tiene influencia?
4. Con respecto a lo anterior, ¿Considera que existen barreras en la aplicación de la nanotecnología en la construcción?
5. De las barreras mencionadas por usted en la pregunta anterior ¿Qué barrera, en su opinión, es la más relevante?
6. Con respecto a lo anterior, ¿cuáles son los problemas que podrían impedir un uso más generalizado de los materiales nanotecnológicos en lugar del enfoque convencional?
7. ¿Cree usted que la aplicación de nanomateriales en proyectos de construcción es importante?
8. En su(s) área(s) de especialización, ¿cuál cree que es el estado actual del uso de nanomateriales?
9. ¿Cree usted que existan estrategias que puedan ayudar a la difusión de la nanotecnología?
10. Con respecto a lo anterior, ¿cuáles son las estrategias convencionales para resolver estos problemas?
11. En su opinión ¿cuál estima que sea el valor de mercado de la construcción que podría verse afectado o favorecido por estos nuevos materiales?

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 02 – ENTREVISTA

Aplicación de la nanotecnología en la construcción

<i>CRITERIOS</i>	APRECIACIÓN CUALITATIVA			
	Excelente	Bueno	Regular	Deficiente
<i>Presentación del instrumento</i>		x		
<i>Claridad en la redacción de los ítems</i>	x			
<i>Relevancia del contenido</i>		x		
<i>Factibilidad de la aplicación</i>		x		

Observaciones:

<i>Validado por:</i>	ING.MSC DANNY DANIEL ROSA CRUZ
<i>Registro Profesional N°:</i>	99147
<i>Filiación (ocupación, grado académico y lugar de trabajo)</i>	Ingeniero Civil, Magister en Gerencia de la Construcción y Magister MBA Universidad De Tarapacá de Chile
<i>e-mail:</i>	Gerencia.proyectos@ifcperu.com
<i>Lugar y fecha de validación:</i>	Lima 14/01/2022
<i>Firma:</i>	 

Anexo 10: **Instrumento 03 - Ficha Técnica e Instrumento - Encuesta**

FICHA TÉCNICA

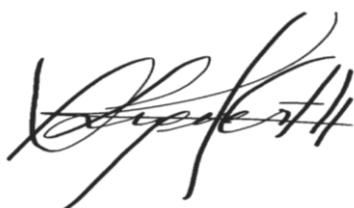
Título del proyecto: BRECHA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN: INDICADORES DE USO A PARTIR DEL MÉTODO 6 – SIGMA EN EMPRESAS CONSTRUCTORAS INMOBILIARIAS EN LA REGIÓN AREQUIPA

INSTRUMENTO: ENCUESTA	
<i>Población</i>	Profesionales implicados en la investigación en nanotecnología e involucrados en proyectos de construcción de la ciudad de Arequipa.
<i>Técnica</i>	Cuestionario de informantes estratégicos
<i>Fecha de aplicación</i>	Enero 2022
<i>Muestra</i>	
<i>Seguridad/nivel de confianza</i>	95%
<i>Significancia</i>	5%
<i>Coefficiente de seguridad</i>	1.96

Aplicado por: Ing. Ximena E. Luque Castillo

Lugar de trabajo: Arequipa

Firma:



ENCUESTA

DATOS GENERALES	
<i>Ocupación</i>	

Sección 1: Perfil de los encuestados

Instrucciones: Por favor marque con una X la opción que corresponda a usted.

1.1.		<i>Género</i>	() Femenino		
			() Masculino		
1.2.		<i>Grupo de edad</i>	() 20 - 29		
			() 30 - 39		
			() 40 - 49		
			() > 50		
1.3.		<i>Años de experiencia</i>	() < 5 años		
			() 5 - 10 años		
			() 11-15 años		
			() > 15 años		
1.4.		<i>Perfil de la empresa</i>	() Desarrolladora		
			() Consultora		
			() Investigadora/Educación		
			() Otros (especificar):		
1.5.		<i>Posición en la empresa</i>	() Director / Gerente de Proyecto		
			() Ingeniero de diseño		
			() Ingeniero de campo		
			() Ingeniero de calidad		
			() Investigador		
			() Otros (especificar):		

Sección 2: Participación actual de las empresas constructoras en nanotecnología.

Instrucciones: Por favor marque con una X la opción que más se acerque a su situación actual.

		<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> Bajo Alto </div>				
2.1	¿Cuál diría usted que es su nivel de conocimientos en cuanto a NT?	()	()	()	()	()
2.2	¿Cuál diría que es su nivel de conocimiento en NT en su sector, campo de construcción o investigación?	()	()	()	()	()
2.3	En su opinión, ¿qué tan avanzadas son las aplicaciones de la NT, dentro de su sector, campo de construcción o investigación?	()	()	()	()	()
2.4	¿Qué tan involucrado en la NT está usted / su empresa?	()	()	()	()	()

Sección 3: Beneficios, riesgos y barreras de la nanotecnología en la construcción

Instrucciones: Por favor marque con una X la opción que más se acerque a su situación actual.

			Bajo		Alto		
							
3.1.	<i>¿Qué áreas cree usted que la implementación de NMs en construcción tendrá mayor repercusión?</i>	Desarrollo económico	()	()	()	()	()
		Mejora de rendimiento de materiales	()	()	()	()	()
		Consecuencias efectos sobre la salud y la seguridad	()	()	()	()	()
		Otros	()	()	()	()	()
3.2.	<i>¿Cuál cree que es la mayor barrera que enfrentan las empresas constructoras con el uso de NMs?</i>	Retorno total de la inversión	()	()	()	()	()
		Calidad / Consistencia	()	()	()	()	()
		Volumen / problemas de producción en masa	()	()	()	()	()
		Falta de conocimiento	()	()	()	()	()
		Transferencia de tecnología ineficiente	()	()	()	()	()
		Tiempo de implementación	()	()	()	()	()
		Otros	()	()	()	()	()

Instrucciones: Por favor marque con una X la opción que más se acerque a su situación actual.

3.3.	<i>¿Qué tan avanzadas están actualmente las aplicaciones de la NT en la industria de la construcción?</i>				
		()	()	()	()
3.4.	<i>¿En cuánto tiempo cree / espera que la NT tendrá un efecto en la industria de la construcción?</i>	Menos de 1 año	1 – 5 años	5 – 10 años	> 10 años
		()	()	()	()
3.5.	<i>¿Existen suficientes guías (estándares, regulaciones, etc.) e infraestructura disponible para comercializar NMs para la industria de la construcción?</i>	No sé	No	Si	
		()	()	()	
3.6.	<i>¿Es suficiente la información proporcionada por universidades y laboratorios de investigación en NT para la industria de la construcción?</i>	No sé	No	Si	
		()	()	()	

Sección 4: Efecto potencial y actual de la nanotecnología en la construcción

Instrucciones: Por favor marque con una X la opción que más se acerque a su situación actual respecto a las áreas de construcción propuestas

Áreas a analizar	<i>Importancia</i> ¿Qué importancia tiene la aplicación de NMs?					<i>Potencial</i> ¿Cuál es el potencial de la aplicación de NMs?					<i>Impacto</i> ¿Qué impacto tiene el uso de NT en esta área?					<i>Contribución</i> ¿Cuánto aportará la NT a en esta área?					<i>Uso</i> ¿Piensas utilizar la NT en esta área?		<i>Tiempo</i> ¿Cuándo piensa utilizar la NT en esta área?		
	Bajo		Alto			Bajo		Alto			Bajo		Alto			Si	No	Años							
																		< 3	< 5	< 10					
4.1. Estructuras																									
4.2. Geotecnia																									
4.3. Acabados																									
4.4. Pavimentos																									
4.5. Medio Ambiente																									
4.6. Salud y seguridad																									

Sección 5: Experiencias y comentarios adicionales

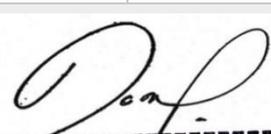
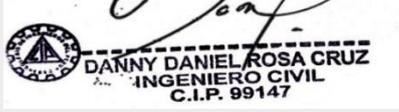
Instrucciones: de tener alguna historia exitosa relacionada a la nanotecnología en la construcción por favor redáctela a continuación. Y si tiene algún comentario final, por favor redáctelo.

5.1.	Historias exitosas de nanotecnología	
5.2.	Comentarios adicionales	

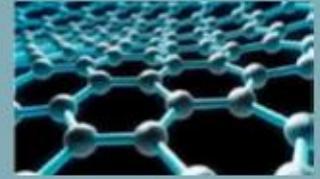
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 03– ENCUESTA

Aplicación de la nanotecnología en la construcción

MATRIZ DE VALIDACIÓN														
<i>Título del proyecto</i>	BRECHA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN: INDICADORES DE USO A PARTIR DEL MÉTODO 6 – SIGMA EN EMPRESAS CONSTRUCTORAS INMOBILIARIAS EN LA REGIÓN AREQUIPA													
<i>Objetivo</i>	Analizar la brecha de utilización de la nanotecnología en la construcción (investigadores - empresas constructoras) a partir del Método 6 Sigma para identificar las barreras más influyentes, con la finalidad de aplicar indicadores de uso (PESTEL) en empresas constructoras inmobiliarias líderes en la región Arequipa.													
<i>Ítems</i>	<i>Criterios de evaluación</i>										<i>Evaluación del reactivo</i>			<i>Observaciones y/o recomendaciones</i>
	<i>El contenido es relevante según los objetivos</i>		<i>Relación entre el ítem y la opción de respuesta</i>		<i>La redacción es clara, precisa y comprensible</i>		<i>Factibilidad de aplicación</i>		<i>Tendenciosidad</i>		<i>Bueno</i>	<i>Regular</i>	<i>Deficient</i>	
	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>				
1.1	SI		SI		SI		SI		NO		X			
1.2	SI		SI		SI		SI		NO		X			
1.3	SI		SI		SI		SI		NO		X			
1.4	SI		SI		SI		SI		NO		X			
1.5	SI		SI		SI		SI		NO		X			
2.1	SI		SI		SI		SI		NO		X			
2.2	SI		SI		SI		SI		NO		X			
2.3	SI		SI		SI		SI		NO		X			
2.4	SI		SI		SI		SI		NO		X			
3.1	SI		SI		SI		SI		NO		X			
3.2	SI		SI		SI		SI		NO		X			
3.3	SI		SI		SI		SI		NO		X			
3.4	SI		SI		SI		SI		NO		X			
3.5	SI		SI		SI		SI		NO		X			
3.6	SI		SI		SI		SI		NO		X			
4.1	SI		SI		SI		SI		NO		X			
4.2	SI		SI		SI		SI		NO		X			
4.3	SI		SI		SI		SI		NO		X			
4.4	SI		SI		SI		SI		NO		X			
4.5	SI		SI		SI		SI		NO		X			
4.6	SI		SI		SI		SI		NO		X			
5.1	SI		SI		SI		SI		NO		X			
5.2	SI		SI		SI		SI		NO		X			

Validado por:	ING.MSC DANNY DANIEL ROSA CRUZ
Registro Profesional N°:	99147
Filiación (ocupación, grado académico y lugar de trabajo)	Ingeniero Civil, Magister Gerencia de la Construcción y Magister MBA Universidad De Tarapacá de Chile
e-mail:	Gerencia.proyectos@ifcperu.com
Lugar y fecha de validación:	Lima 14/01/2022
Firma:	 

NANOTECNOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN



BENEFICIOS

- La nanotecnología puede mejorar las propiedades de los materiales tradicionales o desarrollar otros nuevos

El acero con nanopartículas logra duplicar la resistencia del acero convencional y quintuplicar la resistencia a la corrosión



Los derivados del cemento, mediante la adición de nanotubos de carbono y nanofibras se puede duplicar la resistencia del cemento



Los revestimientos, pueden adquirir propiedades antimicrobianas con la adición de nanoplate, para entornos hospitalarios.



- Para pavimentos, al incorporar nanodióxido de titanio como aditivo al asfalto, se consigue un efecto fotocatalítico en la superficie, es decir, con la presencia de luz solar, se elimina parte de los contaminantes.



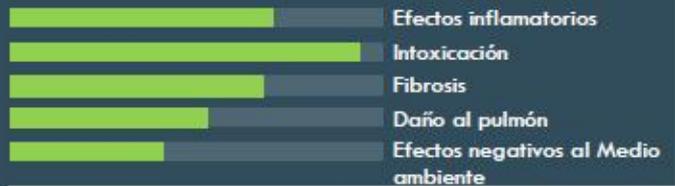
APLICACIONES

- CEMENTO (durabilidad)
- PINTURA (actividad fotocatalítica, autolimpieza)
- ACERO (resistencia a la corrosión, resistencia a fractura)
- CELDA SOLARES (generación de energía)

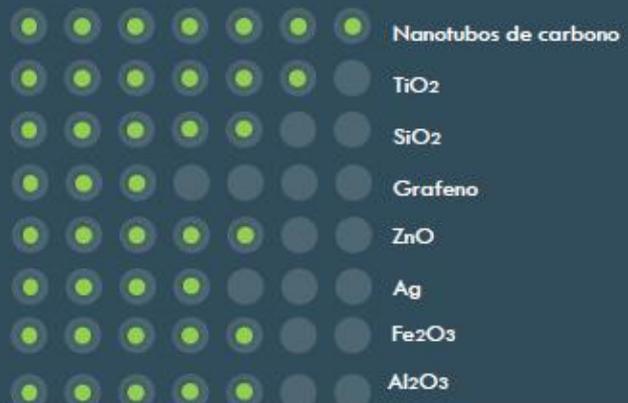
PAISES QUE MÁS USAN NANOTECNOLOGÍA



POSIBLES RIESGOS



PRINCIPALES NANOMATERIALES EN EL SECTOR



ALGUNOS EJEMPLOS

LA CHIESA DI DIO PADRE MISERICORDIOSO



Roma, Italia

COUNTY ZOO



Milwaukee, WI, Estados Unidos