



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,  
Canales y Puertos

Análisis de indicadores sostenibles en las fases del ciclo de  
vida en el proyecto de edificios de viviendas residenciales  
en España.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Otaola Rengel, Julio César

Tutor/a: Martí Albiñana, José Vicente

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

**Análisis de indicadores sostenibles en las fases del ciclo de vida en el proyecto de edificios de viviendas residenciales en España.**

*Presentado por*

**Otaola Rengel, Julio Cesar**

*Para la obtención del*

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

*Curso: 2021/2022*

*Fecha: septiembre 2022*

*Tutor: Martí Albiñana, José Vicente*

**Agradecimiento:**

A mis padres por su apoyo incondicional en todo momento y por ser las personas que me impulsan a seguir para cumplir mis sueños.

A mi director de TFM: José Vicente Martí por el compromiso prestado y por el apoyo en esta investigación.

A mis compañeros de máster por las experiencias compartidas durante mi estadía en Valencia.

A los profesores del MAPGIC por todas las enseñanzas, conocimientos y experiencias que compartieron.

## RESUMEN EJECUTIVO

---

Título:	Análisis de indicadores sostenibles en las fases del ciclo de vida en el proyecto de edificios de viviendas residenciales en España.
Autor:	Julio Cesar Otaola Rengel
1. Planteamiento del Problema	<p>En las últimas décadas, el enfoque de consumo responsable, desarrollo sostenible y la inclusión de aspectos ambientales, económicos y sociales han cobrado gran importancia en el proceso constructivo de una edificación durante su ciclo de vida. Todo esto enfocándose en cómo se puede reducir la contaminación generada entre otras cosas por el cambio climático, el deterioro de la capa de ozono o la pérdida de biodiversidad producida por actividades tanto industriales como económicas. Dicho esto, se manejan datos en España que tanto en la construcción como en el uso de los edificios representaron aproximadamente el 40% del consumo de energía, el 36% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, más del 50% de las extracciones de los materiales de la corteza terrestre y el 25 % de agua consumida y de los residuos generados. Es por esto que debemos incluir indicadores económicos, sociales y ambientales en los procesos constructivos de edificios en este caso de viviendas residenciales y en la toma de decisiones desde el comienzo del mismo proceso constructivo.</p>
2. Objetivos de la Investigación	<p>Objetivo General: Analizar la importancia de indicadores sostenibles en la construcción de proyectos de edificios de viviendas residenciales durante las fases del ciclo de vida del proyecto en España.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Establecer una serie de indicadores que influyen en la sostenibilidad durante el ciclo de vida del proyecto de edificios de viviendas residenciales.</li><li>2. Clasificar y elaborar un listado de indicadores sostenibles y separarlos en las fases del ciclo de vida del proyecto.</li><li>3. Aplicar mediante un juicio de expertos una evaluación de importancia de los indicadores sostenibles planteados.</li><li>4. Proponer un listado de importancia de los indicadores sostenibles estudiados.</li></ol>
3. Estructura Organizativa	<p>El presente documento se ha estructurado de la siguiente forma:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Capítulo 1: Introducción y Objetivos, donde se plantea el problema y los objetivos alcanzar en la investigación.</li><li>2. Capítulo 2: Antecedentes de la Investigación, donde se incluye un breve</li></ol>

---

---

resumen de cómo ha evolucionado la sostenibilidad en la historia junto con algunos antecedentes y también el estado del arte con su búsqueda bibliográfica.

3. Capítulo 3: Marco Teórico, donde se incluye los conceptos teóricos que serán empleados en la investigación.
4. Capítulo 4: Marco Normativo, donde se incluye algunas normativas en el ámbito de la sostenibilidad en el marco normativo español.
5. Capítulo 5: Metodología de la Investigación, donde se incluye la metodología que será empleada en la investigación.
6. Capítulo 6: Resultados y Análisis, donde se incluye los resultados de la investigación con su respectivo análisis de estos.
7. Capítulo 7: Conclusiones, donde se incluye las conclusiones junto recomendaciones, limitaciones, contribuciones y futuras líneas de investigación.
8. Capítulo 8: Referencias Bibliográficas, donde se incluye el grado de detalle de los artículos estudiados en la investigación.
9. Capítulo 9: Anexo, donde se incluye los anexos del trabajo final de máster

---

#### 4. Método

Para cumplir con los objetivos de la investigación se planteó la siguiente metodología:

1. En una primera instancia para cumplir con el objetivo “1” y “2” se ha llevado a cabo una investigación documental en artículos y en certificaciones utilizando diferentes buscadores y palabras claves, con la finalidad de elaborar un listado o clasificación de indicadores de sostenibilidad tanto económicos, sociales y ambientales que influyan en la sostenibilidad durante el ciclo de vida del proyecto de edificios de viviendas residenciales.
  2. Una vez cumplido con el objetivo “1” y “2” y obtenido el listado de indicadores de sostenibilidad, se procedió a emplear la técnica de juicio de expertos con la finalidad de evaluar la importancia del listado de indicadores sostenibles planteados en los objetivos “1” y “2”.
  3. Una vez cumplido con el objetivo “3” se realizó una presentación de propuesta con un listado de importancia de indicadores sostenibles evaluados mediante el juicio de expertos.
-

5. Cumplimiento de los Objetivos	Aplicando la metodología planteada en esta investigación se logró alcanzar y cumplir con los objetivos planteados, identificando los indicadores sostenibles presentes en la literatura, identificando de igual manera mediante la implementación de la técnica de juicios de expertos los indicadores sostenibles que son más importantes. Finalmente se propone un listado de importancia de indicadores sostenibles tanto económicos, sociales y ambientales para ser aplicados en las fases del ciclo de vida de proyectos de edificios de viviendas residenciales.
6. Contribuciones	Con esta investigación se buscará beneficiar al sector de edificios de viviendas residenciales y a todo su ámbito, ya que se tendrá un listado de importancia de ciertos indicadores sostenibles, la cual podrá ser utilizado por las partes interesadas del proyecto al momento de enfrentarse a un proyecto de un edificio de vivienda residencial y estar un poco más cercano a la sostenibilidad deseada.
7. Recomendaciones	Se recomienda a investigadores profundizar en estudios de indicadores sostenibles para establecer comparaciones no solo en estructuras de edificios de viviendas residenciales sino en otro tipo de edificación.
8. Limitaciones	Como limitación principal de la investigación se tiene que el estudio se llevó a cabo en cuatro de las fases del ciclo de vida del proyecto: viabilidad, diseño, construcción, mantenimiento y operación. Otra limitación a nivel metodológico es que la validación de los indicadores planteados trató de ser con expertos heterogéneos sin embargo el número de expertos fue reducido.

## RESUMEN

El presente trabajo de fin de máster analiza la importancia de indicadores sostenibles en la construcción de proyectos de edificios de viviendas residenciales, durante las fases del ciclo de vida del proyecto en España. Para cumplir con el objetivo principal de esta investigación, se comenzó con una revisión de la literatura, donde se identificaron 40 indicadores sostenibles. De estos 40 indicadores sostenibles fueron identificados 13 indicadores económicos, 11 indicadores sociales y 16 indicadores ambientales. Asimismo, estos 40 indicadores sostenibles fueron separados en las siguientes fases del ciclo de vida del proyecto: viabilidad, diseño, construcción, y mantenimiento y operación. Todo esto sirvió para generar una primera lista de indicadores sostenibles, a partir de la cual se evaluó la importancia de cada uno de ellos aplicando el Método Delphi. Finalmente, se determinó el índice de importancia relativa de cada uno de los indicadores sostenibles, para establecer un ranking de importancia de los indicadores. Los resultados del ranking de importancia permitieron conocer que los indicadores “costo del ciclo de vida”, “financiamiento” y “costo de la seguridad en la obra” fueron, según los expertos, los indicadores económicos más importantes para lograr una mayor sostenibilidad en el proyecto. De igual manera, los resultados del ranking de importancia permitieron conocer que los indicadores “condiciones laborales”, “salud y seguridad ocupacional” y “calidad del ambiente” fueron, según los expertos, los indicadores sociales más importantes para lograr una mayor sostenibilidad en el proyecto. Asimismo, de los resultados del ranking de importancia permitieron conocer que los indicadores “contaminación del agua”, “diseño del ciclo de vida del proyecto”, “descarga de agua” y “residuos” fueron, según los expertos, los indicadores ambientales más importantes para lograr una mayor sostenibilidad en el proyecto. Toda esta investigación sirvió para plantear un listado de importancia de indicadores sostenibles, la cual podrá ser utilizado por todas las partes interesadas del proyecto al momento de enfrentarse a un proyecto de edificio de vivienda residencial y querer estar un poco más cerca de la sostenibilidad deseada.

## ABSTRACT

This master's thesis analyzes the importance of sustainable indicators in the construction of residential housing projects during the life cycle phases of the project in Spain. In order to fulfill the main objective of this research, we started with a literature review, where 40 sustainable indicators were identified. Of these 40 sustainable indicators, 13 economic indicators, 11 social indicators, and 16 environmental indicators were identified. Likewise, these 40 sustainable indicators were separated into the following phases of the project life cycle: feasibility, design, construction, and maintenance and operation. All this served to generate a first list of sustainable indicators, from which the importance of each of them was evaluated by applying the Delphi Method. Finally, the relative importance index of each of the sustainable indicators was determined in order to establish a ranking of importance of the indicators. The results of the importance ranking showed that the indicators "life cycle cost", "financing" and "cost of site safety" were, according to the experts, the most important economic indicators for achieving greater sustainability in the project. Similarly, the results of the importance ranking showed that the "labor conditions", "occupational health and safety" and "environmental quality" indicators were, according to the experts, the most important social indicators for achieving greater sustainability in the project. Likewise, the results of the importance ranking showed that the indicators "water pollution", "project life cycle design", "water discharge" and "waste" were, according to the experts, the most important environmental indicators to achieve greater sustainability in the project. All this research served to propose a list of important sustainable indicators, which can be used by all stakeholders of the project when facing a residential building project and want to be a little closer to the desired sustainability.

## RESUM

El present treball de fi de màster analitza la importància d'indicadors sostenibles en la construcció de projectes d'edificis d'habitatges residencials, durant les fases del cicle de vida del projecte a Espanya. Per a complir amb l'objectiu principal d'aquesta investigació, es va començar amb una revisió de la literatura, on es van identificar 40 indicadors sostenibles. D'aquests 40 indicadors sostenibles van ser identificats 13 indicadors econòmics, 11 indicadors socials i 16 indicadors ambientals. Així mateix, aquests 40 indicadors sostenibles van ser separats en les següents fases del cicle de vida del projecte: viabilitat, disseny, construcció, i manteniment i operació. Tot això va servir per a generar una primera llista d'indicadors sostenibles, a partir de la qual es va avaluar la importància de cadascun d'ells aplicant el Mètode Delphi. Finalment, es va determinar l'índex d'importància relativa de cadascun dels indicadors sostenibles, per a establir un rànquing d'importància dels indicadors. Els resultats del rànquing d'importància van permetre conèixer que els indicadors “cost del cicle de vida”, “finançament” i “cost de la seguretat en l'obra” van ser, segons els experts, els indicadors econòmics més importants per a aconseguir una major sostenibilitat en el projecte. D'igual manera, els resultats del rànquing d'importància van permetre conèixer que els indicadors “condicions laborals”, “salut i seguretat ocupacional” i “qualitat de l'ambient” van ser, segons els experts, els indicadors socials més importants per a aconseguir una major sostenibilitat en el projecte. Així mateix, dels resultats del rànquing d'importància van permetre conèixer que els indicadors “contaminació de l'aigua”, “disseny del cicle de vida del projecte”, “descàrrega d'aigua” i “residus” van ser, segons els experts, els indicadors ambientals més importants per a aconseguir una major sostenibilitat en el projecte. Tota aquesta investigació va servir per a plantejar un llistat d'importància d'indicadors sostenibles, la qual podrà ser utilitzat per totes les parts interessades del projecte al moment d'enfrontar-se a un projecte d'edifici d'habitatge residencial i voler estar una mica més prop de la sostenibilitat desitjada.

## Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	15
1.1	Planteamiento del Problema .....	15
1.2	Justificación de la Investigación.....	16
1.3	Objetivos .....	16
1.3.1	Objetivo General .....	16
1.3.2	Objetivo Específico.....	16
1.4	Preguntas de la investigación .....	16
1.5	Alcance .....	17
1.6	Metodología.....	17
1.7	Estructura Organizativa.....	17
2	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
2.1	Evolución del Concepto de la Sostenibilidad .....	19
2.2	Nivel Internacional.....	19
2.3	Nivel Nacional .....	21
2.4	Análisis del Estado del Arte y Diagnostico de la Sostenibilidad en Edificaciones .....	22
3	MARCO TEÓRICO .....	23
3.1	Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible.....	23
3.2	Construcción Sostenible.....	23
3.3	Edificaciones Sostenibles .....	24
3.4	Interacciones de la Sostenibilidad .....	25
3.4.1	Sostenibilidad Económica .....	25
3.4.2	Sostenibilidad Social.....	26
3.4.3	Sostenibilidad Ambiental .....	26
3.5	Parte Interesadas de un Proyecto.....	26
3.5.1	Definición de las Partes Interesadas en un Proyecto de Construcción: .....	26
3.5.2	Clasificación de las partes interesadas en proyectos de construcción:.....	26
3.6	Ciclo de Vida del Proyecto (Proceso Proyecto-Construcción) .....	27
3.7	Indicadores Sostenibles .....	29
3.7.1	Indicadores Económicos .....	29
3.7.2	Indicadores Sociales.....	30
3.7.3	Indicadores Ambientales.....	31
3.8	Sistemas de Certificación Sostenibles.....	32

3.8.1	Breeam .....	32
3.8.2	Leed .....	34
3.8.3	Verde .....	35
4	MARCO NORMATIVO .....	36
4.1	Normativa Marco Español .....	36
4.1.1	Ley de Evaluación Ambiental .....	36
4.1.2	Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo .....	37
5	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	39
5.1	Desarrollo del Método de Consulta .....	39
5.1.1	Determinación de los Indicadores .....	39
5.1.2	Validación de los Indicadores.....	39
5.1.3	Selección de Panel de Expertos .....	40
5.1.4	Número de Rondas .....	42
5.1.5	Elaboración de las Encuestas .....	42
6	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	50
6.1	Criterio Aplicado para el Análisis de los Resultados .....	50
6.2	Resultados obtenidos de la investigación.....	50
6.2.1	Análisis de fiabilidad de la Muestra .....	51
6.2.2	Resultados de la Primera Ronda .....	51
6.2.3	Tabla Resumen Estadístico Indicadores Económicos Ronda 1 .....	58
6.2.4	Análisis de indicadores económicos de la Ronda 1.....	58
6.2.5	Tabla Resumen Estadístico Indicadores Sociales Ronda 1 .....	60
6.2.6	Análisis de indicadores sociales de la Ronda 1 .....	61
6.2.7	Tabla Resumen Estadístico Indicadores Ambientales Ronda 1 .....	63
6.2.8	Análisis de indicadores ambientales de la Ronda 1 .....	64
6.2.9	Resultados de la Segunda Ronda .....	66
6.2.10	Tabla de Resumen Estadístico Indicadores Económicos Ronda 2 .....	73
6.2.11	Análisis de indicadores económicos de la Ronda 2.....	73
6.2.12	Tabla Resumen Estadístico Indicadores Sociales Ronda 2 .....	74
6.2.13	Análisis de indicadores sociales de la Ronda 2 .....	75
6.2.14	Tabla Resumen Estadístico Indicadores Ambientales Ronda 2 .....	76
6.2.15	Análisis de indicadores ambientales de la Ronda 2 .....	76

6.3	Propuesta de Indicadores de Sostenibilidad Económica, Social y Ambiental en el proceso de construcción de una vivienda de edificio residencial .....	79
6.3.1	Indicadores de Sostenibilidad Económica.....	79
6.3.2	Indicadores de Sostenibilidad Social.....	80
6.3.3	Indicadores de Sostenibilidad Ambiental .....	81
6.4	Propuesta de inclusión de Indicadores de Sostenibilidad en la Fase del Ciclo de Vida de un proyecto de edificios de viviendas residenciales.....	83
6.5	Ranking de Importancia de Indicadores Sostenibles de un proyecto de edificios de viviendas residenciales .....	84
6.5.1	Indicadores Económicos .....	85
6.5.2	Indicadores Sociales.....	85
6.5.3	Indicadores Ambientales.....	86
7	CONCLUSIONES.....	87
7.1	Cumplimiento de los Objetivos.....	87
7.2	Contribuciones de la Investigación .....	90
7.3	Recomendaciones.....	90
7.4	Limitaciones .....	91
7.5	Futuras Líneas de Investigación .....	91
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
9	ANEXOS.....	97
9.1	Anexos de Gráficos Ronda 1 .....	97
9.1.1	Indicadores Económicos .....	97
9.1.2	Indicadores Sociales.....	102
9.1.3	Indicadores Ambientales.....	107
9.2	Anexos Gráficos Ronda 2 .....	114
9.2.1	Indicadores Económicos .....	114
9.2.2	Indicadores Sociales.....	115
9.2.3	Indicadores Ambientales.....	118
9.3	Anexos Tablas de Ranking de Importancia .....	121
9.3.1	Indicadores Económicos .....	121
9.3.2	Indicadores Sociales.....	121
9.3.3	Indicadores Ambientales.....	122

## Índice de Tabla de Contenido

Tabla 1 Identificación de Palabras Claves.....	22
Tabla 2 Clasificación de las Partes Interesadas.....	27
Tabla 3 Tabla de Certificaciones Sostenibles.....	32
Tabla 4 Indicadores BREEAM es Vivienda 2020.....	34
Tabla 5 Cinco "PS" certificación Verde.....	35
Tabla 6 Principios para Evaluación Ambiental.....	36
Tabla 7 Continuación Tabla 6.....	37
Tabla 8 Escala de Likert.....	42
Tabla 9 Indicadores Económicos a Evaluar en la Fase de Viabilidad.....	43
Tabla 10 Indicadores Sociales a Evaluar en la Fase de Viabilidad.....	43
Tabla 11 Indicadores Ambientales a Evaluar en la Fase de Viabilidad.....	44
Tabla 12 Indicadores Económicos a Evaluar en la Fase de Diseño.....	44
Tabla 13 Indicadores Sociales a Evaluar en la Fase de Diseño.....	45
Tabla 14 Indicadores Ambientales a Evaluar en la Fase de Diseño.....	45
Tabla 15 Indicadores Económicos a Evaluar en la Fase de Construcción.....	46
Tabla 16 Indicadores Sociales a Evaluar en la Fase de Construcción.....	46
Tabla 17 Indicadores Ambientales a Evaluar en la Fase Construcción.....	47
Tabla 18 Indicadores Económicos a Evaluar en la Fase de Mantenimiento y Operación.....	48
Tabla 19 Indicadores Sociales a Evaluar en la Fase de Mantenimiento y Operación.....	48
Tabla 20 Indicadores Ambientales a Evaluar en la Fase de Mantenimiento y Operación.....	49
Tabla 21 Resultado Análisis de Fiabilidad de la Encuesta.....	51
Tabla 22 Resumen Estadístico Indicador Alcance del Proyecto Ronda 1.....	52
Tabla 23 Resumen Estadístico Indicador Financiamiento Ronda 1.....	53
Tabla 24 Resumen Estadístico Indicador Empleo Ronda 1.....	54
Tabla 25 Resumen Estadístico Indicador Salud y Seguridad Ocupacional Ronda 1.....	55
Tabla 26 Resumen Estadístico Indicador Contaminación del Aire Ronda 1.....	56
Tabla 27 Resumen Estadístico Indicador Contaminación de Agua Ronda 1.....	57
Tabla 28 Tabla de Resultados Indicadores Económicos Ronda 1.....	58
Tabla 29 Tabla de Resultados Estadísticos Indicadores Sociales Ronda 1.....	61
Tabla 30 Tabla de Resultados Indicadores Ambientales Ronda 1.....	63
Tabla 31 Continuación Tabla 30.....	64
Tabla 32 Resumen Estadístico Indicador Financiamiento del Proyecto Ronda 2.....	67
Tabla 33 Resumen Estadístico Indicador Contaminación del Aire Ronda 2.....	68
Tabla 34 Resumen Estadístico Confort Visual Ronda 2.....	69
Tabla 35 Resumen Estadístico Indicador Accesibilidad Ronda 2.....	70
Tabla 36 Resumen Estadístico Indicador Contaminación Descarga de Agua Ronda 2.....	71
Tabla 37 Resumen Estadístico Indicador Contaminación del Ruido Ronda 2.....	72
Tabla 38 Tabla Resumen Estadístico Indicadores Económicos Ronda 2.....	73
Tabla 39 Resumen Estadístico Indicadores Sociales Ronda 2.....	74
Tabla 40 Resumen Estadístico Indicadores Ambientales Ronda 2.....	76
Tabla 41 Propuesta de Indicadores de Sostenibilidad Económica.....	79
Tabla 42 Propuesta de Indicadores de Sostenibilidad Social.....	80
Tabla 43 Propuesta de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental.....	81

Tabla 44 Continuación Tabla 43.....	82
Tabla 45 Propuesta de inclusión de Indicadores de Sostenibilidad.....	83
Tabla 46 Ranking de importancia de indicadores económicos.....	85
Tabla 47 Ranking de importancia de indicadores sociales .....	85
Tabla 48 Ranking de importancia de indicadores ambientales .....	86

## Índice de Gráficos

Gráfico 1 Grafico de Dispersión Indicador Alcance del Proyecto Ronda 1 .....	52
Gráfico 2 Gráfico de Dispersión Indicador Financiamiento Ronda 1 .....	53
Gráfico 3 Gráfico de Dispersión Indicador Empleo Ronda 1.....	54
Gráfico 4 Gráfico de Dispersión Indicador Salud y Seguridad Ocupacional Ronda 1 .....	55
Gráfico 5 Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación del Aire Ronda 1 .....	56
Gráfico 6 Grafico de Dispersión Indicador Contaminación del Agua Ronda 1.....	57
Gráfico 7 Gráfico de Dispersión Indicador Financiamiento del Proyecto Ronda 2.....	67
Gráfico 8 Gráfico de Dispersión Indicador Costos de los Materiales Ronda 2.....	68
Gráfico 9 Gráfico de Dispersión Indicador Confort Visual Ronda 2 .....	69
Gráfico 10 Gráfico de Dispersión Indicador Accesibilidad Ronda 2 .....	70
Gráfico 11 Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación Descarga de Agua Ronda 2 .....	71
Gráfico 12 Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación del Ruido Ronda 2 .....	72
Gráfico 13 Gráfico de Dispersión Indicador Presupuesto Ronda 1.....	97
Gráfico 14 Gráfico de Dispersión Indicador Costos del Ciclo de Vida Ronda 1.....	97
Gráfico 15 Gráfico de Dispersión Indicador Estandarización de Planos Ronda 1 .....	98
Gráfico 16 Gráfico de Dispersión Indicador Selección de Materiales Ronda 1.....	98
Gráfico 17 Gráfico de Dispersión Indicador Costos Salariales Ronda 1 .....	99
Gráfico 18 Gráfico de Dispersión Indicador Costos de Materiales Ronda 1 .....	99
Gráfico 19 Gráfico de Dispersión Indicador Costo de la Energía Ronda 1 .....	100
Gráfico 20 Gráfico de Dispersión Indicador Costo de la Seguridad en la Obra Ronda 1 .....	100
Gráfico 21 Gráfico de Dispersión Indicador Balance en las Operaciones Ronda 1.....	101
Gráfico 22 Gráfico de Dispersión Indicador Costos de Entrenamiento Ronda 1 .....	101
Gráfico 23 Gráfico de Dispersión Indicador Mejoras en la Economía Local Ronda 1 .....	102
Gráfico 24 Gráfico de Dispersión Indicador Servicios Comunitarios Ronda 1 .....	102
Gráfico 25 Grafico de Dispersión Indicador Confort Visual Ronda 1 .....	103
Gráfico 26 Gráfico de Dispersión Indicador Calidad el Ambiente Ronda 1 .....	103
Gráfico 27 Gráfico de Dispersión Indicador Accesibilidad Ronda 1.....	104
Gráfico 28 Gráfico de Dispersión Indicador Empleo Directo Ronda 1 .....	104
Gráfico 29 Gráfico de Dispersión Indicador Condiciones Laborales Ronda 1.....	105
Gráfico 30 Gráfico de Dispersión Indicador Conciencia Ciudadana Ronda 1 .....	105
Gráfico 31 Gráfico de Dispersión Indicador Disposición de Servicios Ronda 1.....	106
Gráfico 32 Gráfico de Dispersión Indicador Instalaciones Ronda 1.....	106
Gráfico 33 Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación del Ruido Ronda 1 .....	107
Gráfico 34 Gráfico de Dispersión Indicador Residuos Ronda 1.....	107
Gráfico 35 Gráfico de Dispersión Indicador Diseño del Ciclo de Vida del Proyecto .....	108
Gráfico 36 Gráfico de Dispersión Indicador Diseño Ambientalmente Consciente Ronda 1 .....	108

Gráfico 37	Gráfico de Dispersión Indicador Diseño Modular Ronda 1 .....	109
Gráfico 38	Gráfico de Dispersión Contaminación por Emisiones de Aire Ronda 1.....	109
Gráfico 39	Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación Acústica Ronda 1 .....	110
Gráfico 40	Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación por Generación de Residuos Ronda 1 .....	110
Gráfico 41	Gráfico de Dispersión Indicador Contenido de Material Reciclable Ronda 1 .....	111
Gráfico 42	Gráfico de Dispersión Indicador Elementos Renovables Ronda 1 .....	111
Gráfico 43	Gráfico de Dispersión Indicador Legislación Ronda 1 .....	112
Gráfico 44	Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación por Descarga de Agua Ronda 1 .....	112
Gráfico 45	Gráfico de Dispersión Indicador Residuos Ronda 1.....	113
Gráfico 46	Gráfico de Dispersión Indicador Operaciones Internas y Externas Ronda 1.....	113
Gráfico 47	Gráfico de Dispersión Indicador Balance en las Operaciones Ronda 2.....	114
Gráfico 48	Gráfico de Dispersión Indicador Costos de Entrenamiento Ronda 2 .....	114
Gráfico 49	Gráfico de Dispersión Indicador Mejoras en la Economía Local Ronda 2 .....	115
Gráfico 50	Gráfico de Dispersión Indicador Empleo Ronda 2.....	115
Gráfico 51	Gráfico de Dispersión Indicador Empleo Directo Ronda 2 .....	116
Gráfico 52	Gráfico de Dispersión Conciencia Ciudadana Ronda 2.....	116
Gráfico 53	Gráfico de Dispersión Indicador Disposición de Servicios Ronda 2.....	117
Gráfico 54	Gráfico de Dispersión Indicador Instalaciones Ronda 2 .....	117
Gráfico 55	Gráfico de Dispersión Indicador Diseño Modular Ronda 2 .....	118
Gráfico 56	Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación por Generación de Residuos Ronda 2 .....	118
Gráfico 57	Gráfico de Dispersión Indicador Contenido de Material Reciclable Ronda 2 .....	119
Gráfico 58	Gráfico de Dispersión Indicador Elementos Renovables Ronda 2 .....	119
Gráfico 59	Gráfico de Dispersión Indicador Legislación Ronda 2 .....	120
Gráfico 60	Gráfico de Dispersión Indicador Operaciones Internas y Externas Ronda 2 .....	120

### Índice de Ilustraciones

Ilustración 1	Interacciones de la Sostenibilidad .....	25
Ilustración 2	Ciclo de Vida de un Proyecto .....	29
Ilustración 3	Procedimiento Delphi Investigación .....	40
Ilustración 4	Propuesta de Indicadores Sostenibles en el Ciclo de Vida de Proyecto de Edificio de Viviendas Residenciales .....	84

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Planteamiento del Problema

Podemos definir la construcción sostenible como aquella que, teniendo respeto y compromiso con el medio ambiente, haciendo un uso eficiente de los recursos energéticos y materiales, es más saludable y está orientada a la reducción de los impactos ambientales (Ramírez, 2010). Asimismo, es importante resaltar que la construcción es sostenible cuando cumple con los desafíos ambientales, responde a las demandas sociales y culturales, y ofrece mejoras económicas (Bal et al., 2013).

La construcción de edificaciones conlleva impactos ambientales que incluyen el uso de materiales que provienen de recursos naturales, el uso de grandes cantidades de energía, tanto en lo que implica su construcción, como a lo largo de su vida y el impacto que ocasiona por su ubicación (Alavedra et al., 1997).

El enfoque de consumo responsable, el desarrollo sostenible y la inclusión de indicadores ambientales han comenzado a cobrar gran importancia en el proceso constructivo de los edificios (Alavedra et al., 1997; Andrade Rhor, 2019; Ramírez, 2010).

En cuanto al problema que engloba la sostenibilidad en el sector de la edificación, al ser este un sector donde la sociedad pasa la mayor parte de su tiempo, esta es en gran parte la culpable de la contaminación que nos podemos encontrar en la actualidad. Donde, existen magnitudes que indican que las edificaciones consumen entre el 20% y el 50% de los recursos naturales, dependiendo de su entorno, teniendo especial responsabilidad en el deterioro del medio ambiente (Alavedra et al., 1997).

Del mismo modo, en España, tanto en la construcción como en el uso de los edificios, estos presentan magnitudes del 40% de consumo energético, 36% de emisiones de CO<sub>2</sub>, 50% de extracción de materiales de la corteza terrestre, y 25% de consumo de agua y generación de residuos (Rivero, 2020).

Asimismo, resulta bastante problemático que una vez construidos, los edificios sigan siendo causa directa de contaminación por las emisiones que producen y, al mismo tiempo, sean fuente indirecta de contaminación por el consumo de energía y agua necesarios para su funcionamiento (Alavedra et al., 1997; Rivero, 2020).

## **1.2 Justificación de la Investigación**

Esta investigación surge de la necesidad de cumplir con el objetivo de hacer más sostenibles a edificios de viviendas residenciales de acuerdo con indicadores ambientales, económicos y sociales. Dicho esto, es así como surgen las siguientes inquietudes: ¿qué indicadores debemos tomar en cuenta para alcanzar la sostenibilidad en las fases del ciclo de vida de edificios de viviendas residenciales?, ¿cuáles son estos indicadores que permiten direccionar un proyecto de edificios de viviendas residenciales hacia la sostenibilidad? y ¿de qué manera los indicadores permiten un control adecuado no solo desde lo ambiental, sino desde el punto de vista económico y social?

Por ello, es fundamental analizar y comprender las raíces teóricas y normativas de la sostenibilidad aplicada a la construcción de edificios de viviendas residenciales. Asimismo, es importante conocer y analizar la opinión de expertos sobre indicadores sostenibles, aplicados a los edificios de viviendas residenciales. Todo ello con el objetivo de incluir indicadores ambientales, económicos y sociales en el proceso constructivo de edificios de viviendas residenciales, y en la toma de decisiones desde las primeras fases de los proyectos.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Analizar la importancia de indicadores sostenibles en la construcción de proyectos de edificios de viviendas residenciales durante las fases del ciclo de vida del proyecto en España.

### **1.3.2 Objetivo Específico**

Con el fin de cumplir con el objetivo general de la presente investigación, se tienen los siguientes objetivos específicos:

1. Establecer una serie de indicadores que influyan en la sostenibilidad durante el ciclo de vida del proyecto de edificios de viviendas residenciales.
2. Clasificar y elaborar un listado de indicadores sostenibles y separarlos en las fases del ciclo de vida del proyecto.
3. Aplicar mediante un juicio de expertos una evaluación de importancia de los indicadores sostenibles planteados.
4. Proponer un listado de importancia de los indicadores sostenibles estudiados.

## **1.4 Preguntas de la investigación**

De acuerdo con los objetivos específicos anteriormente propuestos, se formula las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son los indicadores que influyen en la sostenibilidad, durante el ciclo de vida del proyecto de edificios de viviendas residenciales?
- ¿Cómo pueden ser agrupados y separados los indicadores sostenibles en las fases del ciclo de vida del proyecto de edificios de viviendas residenciales?
- ¿Cuál es la importancia de los indicadores sostenibles estudiados?

## **1.5 Alcance**

El ámbito del Trabajo Fin de Máster se circunscribe al estudio de los indicadores de sostenibilidad en edificios de viviendas residenciales, y en las siguientes cuatro fases del ciclo de vida del proyecto: viabilidad, diseño, construcción y mantenimiento-operación en territorio español.

## **1.6 Metodología**

La metodología planteada para cumplir con los objetivos planteados en la investigación fue la siguiente:

1. En primer lugar, para cumplir los objetivos 1 y 2, se ha realizado una investigación documental sobre artículos y certificaciones utilizando diferentes buscadores y palabras clave. Asimismo, con todo ello se buscó generar un primer listado o clasificación de indicadores de sostenibilidad, tanto económica, social y ambiental, que inciden en la sostenibilidad durante el ciclo de vida del proyecto de edificios de viviendas residenciales.
2. En segundo lugar, para dar cumplimiento al objetivo 3, y una vez obtenido el primer listado de indicadores de sostenibilidad, se utilizó la técnica del juicio de expertos. En la elaboración de esta técnica se buscó cumplir con ciertos criterios para su selección, los cuales serán explicados más adelante en el capítulo 5. Todo esto se hizo con la finalidad de evaluar la importancia de la lista de indicadores sostenibles propuesta en los objetivos anteriores.
3. Como último paso y para cumplir con el objetivo 4, considerando la evaluación de la importancia mediante la técnica del juicio de expertos, se realizó una propuesta que incluye, además de indicadores económicos, sociales y ambientales, una lista de importancia de estos mismos indicadores.

## **1.7 Estructura Organizativa**

Esta investigación se encuentra dividida en 9 capítulos:

### **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS:**

Incluye la introducción a la investigación, el planteamiento del problema, los objetivos generales y específicos, el alcance y la metodología utilizada en la investigación.

### **CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:**

Incluye un breve resumen de cómo ha evolucionado la sostenibilidad en la historia, algunos antecedentes a nivel internacional y nacional, y también incluye un análisis del estado del arte con su búsqueda bibliográfica e identificación de palabras clave.

### **CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO:**

Incluye los conceptos teóricos que se utilizarán en la investigación tales como: sostenibilidad y desarrollo sostenible, construcción sostenible, edificios sostenibles, interacciones

de sostenibilidad, ciclo de vida del proyecto, indicadores sostenibles y sistemas de certificación sostenible.

#### CAPÍTULO 4. MARCO NORMATIVO:

Incluye algunas de las normas en materia de sostenibilidad en el marco normativo español.

#### CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN:

Incluye la metodología que se utilizará en la investigación desde el desarrollo del método de consulta, la determinación y validación de las variables, la selección del panel de expertos, el número de rondas del método Delphi y la elaboración de las encuestas.

#### CAPÍTULO 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS:

Incluye los criterios que se aplicarán para el análisis estadístico de los resultados, los resultados de las encuestas tanto de la primera ronda del método como de la segunda ronda, con sus respectivos cuadros resumen, así como un breve análisis de los resultados obtenidos de la investigación. Asimismo, se incluye en este capítulo una propuesta de indicadores de sostenibilidad y un ranking de importancia de los indicadores estudiados.

#### CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES:

Incluye las conclusiones, las recomendaciones, las contribuciones y las limitaciones encontradas en la investigación realizada.

#### CAPÍTULO 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Incluye el detalle de la relación de los artículos estudiados en esta investigación.

#### CAPÍTULO 9. ANEXOS:

Incluye un anexo de gráficos y de tablas de la investigación.

## **2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

En el desarrollo de esta investigación se contó con los siguientes antecedentes tanto a nivel internacional como nacional, los cuales serán presentados con un breve resumen en las siguientes secciones. Asimismo, se explicará brevemente cómo ha evolucionado el concepto de sostenibilidad a lo largo de la historia.

### **2.1 Evolución del Concepto de la Sostenibilidad**

El término de sostenibilidad ha sido desarrollado a lo largo de la historia de la humanidad y por lo cual nunca ha sido ajeno al hombre. Los primeros antecedentes sobre sostenibilidad se encuentran en el Primer Informe del Club de Roma, que trata sobre la inviabilidad del crecimiento económico continuo. En este informe titulado: Los límites del crecimiento, se planteó el modelo de crecimiento cero, que generó un contexto en el que se buscó conciliar la economía con la conservación del medio ambiente (M. García & Rabadán, 2000).

Después de todo esto, apareció el concepto de ecodesarrollo, donde este concepto apuntaba a objetivos sociales de redistribución de la riqueza, con la aceptación de las limitaciones ecológicas al crecimiento, para lograr la solidaridad diacrónica y la búsqueda de un sistema económico más eficiente (Sach, 1991).

Asimismo, posteriormente con la figura del Informe Brundtland, se presentó la definición de desarrollo sostenible y esta se definió como la necesidad de satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras. Todo este desarrollo se entiende como un desarrollo viable en el tiempo y cuya condición esencial es que las capacidades del sistema socioeconómico no disminuyan y puedan ser puestas a disposición de las generaciones futuras (M. García & Rabadán, 2000).

A continuación, se presentarán algunos antecedentes tanto en el marco internacional como en el marco nacional, para visualizar ciertas investigaciones importantes sobre el tema a tratar.

### **2.2 Nivel Internacional**

Del siguiente trabajo de investigación titulado *“INDICADORES SOSTENIBLES EN LA PLANIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES”* (Guerrero, 2017), se presenta a continuación un breve resumen de la investigación.

La hipótesis planteada en esta investigación fue identificar, formular e implementar indicadores de gestión con componentes técnicos y ambientales, con el fin de brindar mecanismos a los constructores que buscan lograr la sostenibilidad del sector. Todo esto basado en que la construcción sostenible incluye la planificación, el diseño, la construcción y la operación en los procesos constructivos. Asimismo, busca siempre minimizar el impacto negativo sobre el medio ambiente, y maximizar los impactos positivos, centrándose especialmente en los usuarios y su calidad de vida, teniendo en cuenta todas las fases del proyecto.

Palabras claves de la investigación: Sustentabilidad, Construcción, Reciclaje, Estándares, Indicadores Ambientales.

Del siguiente trabajo de investigación titulado como “*PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN EDIFICACIONES UBICADAS EN LAS ÁREAS DE EXPANSIÓN URBANA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA*”(Calle & Cifuentes, 2019), se presenta a continuación un breve resumen de la investigación.

El objetivo de esta investigación fue brindar una herramienta metodológica que ayude a evaluar la sostenibilidad en las zonas de expansión urbana de la ciudad de Riobamba, a través de indicadores creados específicamente con las características preponderantes del contexto del lugar, y ayudar a la evaluación en todas las etapas del ciclo de vida de una vivienda: diseño, construcción y operación, en aspectos sociales, económicos y ambientales. Para ello se llevó a cabo una metodología de investigación basada en tres etapas: diagnóstico, análisis y propuesta. Todo esto para describir los pasos desde la definición del problema hasta llegar a los indicadores en profundidad, y que ayuden con la problemática propia del sector para su posterior evaluación.

Palabras claves: Arquitectura Sostenible, Impacto Ambiental, Materiales Eficientes, Indicadores Sostenibles, Arquitectura Verde.

Del siguiente trabajo de investigación titulado como “*INCORPORACIÓN DE PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD EN LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA EDIFICACIONES DE USO RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE CUENCA*” (Ordóñez, 2013), se presenta a continuación un breve resumen de la investigación.

Esta investigación sirve como aporte para los profesionales de la construcción, que estén dispuestos a enfrentar y plasmar en sus proyectos soluciones acordes con el entorno que los rodea, respondiendo a una realidad social y económica. Toda esta investigación proporcionará un conjunto de recomendaciones que orienten o encaminen a una aplicación de los principios básicos de la sostenibilidad en los sistemas constructivos de edificaciones de uso residencial, con el fin de tomar decisiones óptimas buscando minimizar el impacto ambiental de cada fase constructiva.

Palabras Claves: Sostenibilidad, Medio Ambiente, Sistemas Constructivos.

Del siguiente trabajo de investigación titulado como “*PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS SOSTENIBLES DE EDIFICACIONES EN COLOMBIA*” (C. Galindo & Orozco, 2018), se presenta a continuación un breve resumen de la investigación.

La presente investigación tiene como objetivo principal construir una propuesta metodológica para la gestión de proyectos sostenibles de edificaciones en Colombia. En primer lugar, se realizará un trabajo de campo y se recopilará información sobre proyectos de edificaciones con certificaciones LEED. Luego se seleccionará dos casos de estudio para discutir sus experiencias en gestión de proyectos. Una conclusión importante que destacar de esta investigación, es que una metodología adecuada para la gestión de proyectos sostenibles es crear estrategias para buscar ser lo más sostenible posible, convirtiendo esas estrategias en puntos, pero no tratando de convertir los indicadores en estrategias en busca de la sostenibilidad.

Palabras Claves: Gestión, Proyectos Sostenibles, Certificaciones, Edificaciones Sostenibles.

### **2.3 Nivel Nacional**

Del siguiente trabajo de investigación doctoral titulado como “*ANÁLISIS Y PROPUESTA SOBRE LA CONTRIBUCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LOS EDIFICIOS A SU EFICIENCIA AMBIENTAL*” (Monterotti, 2011), se presenta a continuación un breve resumen de la investigación.

La hipótesis de partida de esta investigación se basó en el análisis y crítica de las herramientas para evaluar la sostenibilidad de los edificios, donde el grupo de investigación sostiene que la demanda de sostenibilidad no es, como se suele presentar, sino como un requisito adicional que simplemente puede ser añadido a la funcionalidad de los edificios, a través de la aplicación de ciertas restricciones y características que tienen que presentar. También sostienen que la sostenibilidad requiere un cambio radical en nuestro sistema técnico que afecta a sus propios cimientos. Por tanto, los investigadores concluyen y reconocen que las herramientas para la evaluación de la sostenibilidad ambiental de los edificios pueden y deben tener un papel importante, como apoyo para aumentar la eficiencia en el uso de los recursos en la edificación y consecuentemente promover una reducción de sus impactos. Asimismo, se deberá orientar a los actores del sector de la construcción hacia la aplicación de nuevos modelos técnicos más acordes con el medio ambiente.

Palabras Claves: Evaluación Sostenibilidad, Herramientas Sostenibles, Sostenibilidad Ambiental, Impactos Ambientales.

Del siguiente trabajo de investigación titulado como “*ANÁLISIS NORMATIVO DE LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE: ESPECIAL REFERENCIA A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA. CASO PRACTICO: ESTIMACIÓN DE COSTES DE UNA VIVIENDA SOSTENIBLE*”(Navarro, 2017), se presenta a continuación un breve resumen de la investigación.

El propósito de esta investigación fue realizar un recorrido desde los conceptos básicos de aspectos relacionados con la eficiencia energética y la construcción sostenible, donde luego se enumeran las formas de medición y certificación de la eficiencia energética y la construcción sostenible, para luego realizar un análisis del marco normativo a nivel comunitario, estatal y autonómico con base en la Comunidad Valenciana. La conclusión que se extrae de esta investigación es que el sector de la construcción es el responsable del 40% del consumo total de energía que demanda la Unión Europea. Asimismo, la construcción es de todas las actividades la que más consume, donde el principal problema que tiene la actividad constructora es que los edificios ya construidos siguen contaminando por las emisiones de CO<sub>2</sub>, todo ello relacionado con el consumo energético para hacer vida y mantener el confort en ellos.

Palabras Claves: Construcción Sostenible, Eficiencia Energética, Desarrollo Sostenible, Certificaciones Sostenibilidad, Cambio Climático.

## 2.4 Análisis del Estado del Arte y Diagnostico de la Sostenibilidad en Edificaciones

Para tener una idea del estado de la información se realizó una búsqueda de investigaciones en artículos sobre sostenibilidad aplicada a proyectos de construcción, teniendo en cuenta los antecedentes antes mencionados tanto a nivel internacional como nacional.

Para la búsqueda de dicha información se hizo uso de palabras claves que, una vez determinadas, fueron utilizadas en los diferentes buscadores como Scopus, Web of Science y Google Académico.

En relación con las palabras claves, estas se utilizaron con el fin de recolectar y buscar información que esté dentro del alcance requerido para investigar. Estas palabras clave se pueden encontrar en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Identificación de Palabras Claves*

<b>Palabras Claves</b>	<b>Keywords</b>
Construcción Sostenible	Sustainable Construction
Edificaciones Sostenibles	Sustainable Buildings
Indicadores Sostenibles	Sustainable Indicators
Certificaciones Sostenibles	Sustainable Certifications
Desarrollo Sostenible	Sustainable Development
Sostenibilidad Económica	Economic Sustainability
Sostenibilidad Social	Social Sustainability
Sostenibilidad Ambiental	Environmental Sustainability

Fuente: Elaboración Propia

Luego de obtener una gran cantidad de artículos, documentos y trabajos de investigación sobre el tema a tratar, se realizó la extracción de conclusiones breves de los documentos recopilados y que a su vez aporten contenido para la posterior investigación, para así lograr descartar los que no tengan relevancia alguna con el tema.

### **3 MARCO TEÓRICO**

El objetivo de este capítulo fue presentar la parte teórica de la investigación, donde se definirán términos importantes como sostenibilidad, desarrollo sostenible, construcción y edificaciones sostenibles.

Asimismo, en este capítulo podemos encontrar explicaciones sobre cómo interactúan los diferentes aspectos de la sostenibilidad con la cuenta triple resultado, una breve explicación de las partes interesadas del proyecto, cómo se define el ciclo de vida de un proyecto de edificación y cuáles son las certificaciones sostenibles que podemos conseguir hoy en día.

Todo esto planteado en el marco teórico, servirá para contextualizar un poco el objetivo que se pretende lograr con la investigación propuesta.

#### **3.1 Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible**

Para entender un poco sobre el concepto de sostenibilidad, podemos entenderlo como la acción de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas, buscando siempre garantizar un equilibrio entre lo económico, el medio ambiente y el bienestar social (PNUD, 2014).

Además, es importante tener en cuenta que la sostenibilidad es una relación entre los sistemas económicos y los sistemas ecológicos más grandes, también dinámicos, pero generalmente más lentos para cambiar (Robert, 1994).

Asimismo, es importante definir y tener claro el concepto de desarrollo sostenible. Podemos entenderlo como el progreso que permite satisfacer las necesidades básicas de acceso de las personas, y las sociedades de manera segura y acorde con la salud humana y del ecosistema, buscando la equidad dentro de las generaciones y también entre generaciones (PNUD, 2014).

#### **3.2 Construcción Sostenible**

A partir de la información recopilada en la publicación del artículo denominado: “*LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. EL ESTADO DE LA CUESTIÓN*” (Alavedra et al., 1997), donde se realiza un análisis de las diferentes opiniones que ofrecen distintos investigadores en este campo, se destacan los siguientes puntos que son importantes sobre la construcción sostenible.

Podemos definir la construcción sostenible como la construcción del futuro que, con especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso sostenible de la energía (Casado, 1996).

Asimismo, la construcción sostenible se dirige a la reducción de los impactos ambientales causados por el proceso de construcción, uso y demolición de los edificios y por el entorno urbanizado (Lanting, 1996).

La construcción sostenible es el desarrollo de la construcción tradicional que busca tener una gran responsabilidad hacia el medio ambiente por parte de todas las partes y participantes, donde se debe lograr un interés creciente en todas las etapas de la construcción, buscando

minimizar el agotamiento de los recursos, previniendo la degradación ambiental para buscar lograr un ambiente saludable, tanto en el interior de los edificios como en su entorno (Kibert, 2003).

Asimismo, la construcción sostenible tiene en cuenta no solo los edificios en sí, sino también su entorno y su comportamiento para formar ciudades. Donde, el desarrollo urbano sostenible debe buscar siempre crear un entorno urbano que no amenace el medio ambiente, no solo en términos de formas y eficiencia energética, sino también en su función, como lugar para vivir (Alavedra et al., 1997).

Como concepto, la construcción sostenible está asociada a tres verbos: reducir, conservar y mantener, donde estos tres verbos combinados con una serie de principios ecológicos y recursos disponibles, nos brindan una serie de consideraciones que deben ser tenidos en cuenta (Alavedra et al., 1997).

Una idea que resume lo comentado anteriormente sobre la construcción sostenible, es que dicha sostenibilidad se logra cuando la construcción cumple con ciertos retos ambientales, responde a ciertas demandas sociales y busca ofrecer mejoras económicas (Bal et al., 2013).

Por lo tanto, la construcción sostenible debe ser capaz de generar beneficios tangibles y medibles a las interacciones de la sostenibilidad que son el crecimiento económico, la sostenibilidad ambiental y la sostenibilidad social (Bal et al., 2013).

De acuerdo a (UNEP, 2006) en una construcción sostenible se deben considerar las siguientes características:

- ✓ Se debe buscar y mantener un diseño optimizado durante el ciclo de vida.
- ✓ Las consideraciones y requerimientos sostenibles deben de estar considerados en los estándares y en las legislaciones.
- ✓ Los indicadores ambientales deben ser considerados tanto en el corto plazo como en el largo plazo.
- ✓ Las políticas e incentivos deben ser propuestos por el gobierno buscando apoyar a las edificaciones sostenibles y a sus prácticas.
- ✓ Los inversores, las compañías de seguros, y los compradores de las edificaciones deben estar al tanto de las consideraciones sostenibles, y deben de igual manera tomar un protagonismo para motivar la sostenibilidad en las edificaciones y en sus respectivas prácticas.

### **3.3 Edificaciones Sostenibles**

Un edificio sostenible se puede definir como una estructura de cualquier tipo que tiene las siguientes características: es eficiente con los recursos que utiliza, saludable y productivo para sus ocupantes, maximiza el retorno de la inversión en su ciclo de vida y produce una huella leve en el planeta (Ramírez, 2010).

Cabe señalar que el principal objetivo de las edificaciones es proteger a sus ocupantes de los elementos naturales, buscando mejorar la calidad general de la edificación al tener un adecuado control de costos (Alavedra et al., 1997).

Asimismo, un edificio puede considerarse sostenible si la energía utilizada durante el ciclo de vida del edificio es relativamente baja y también considera la reutilización de materiales al final del ciclo de vida del edificio (Karlsen et al., 2008).

### 3.4 Interacciones de la Sostenibilidad

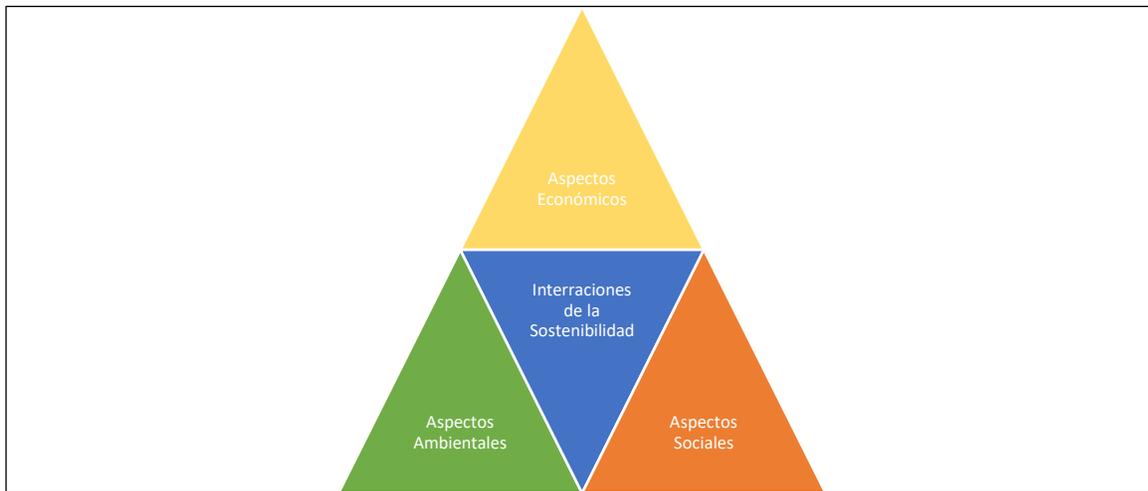
En las interacciones de la sostenibilidad, también conocidas en investigación como el “Triple Bottom Line” o cuenta de triple resultado, se distinguen tres líneas fundamentales donde confluyen la sociedad, el medio ambiente y la economía (M. J. García, 2015).

Las interacciones se refieren a todas aquellas medidas que deben ser utilizadas por las empresas o en los proyectos, para brindar información sobre las acciones sociales, ambientales y económicas, de acuerdo con ciertos criterios o indicadores (M. J. García, 2015).

En los siguientes párrafos podemos encontrar las diferentes interacciones de la sostenibilidad y podemos identificarlas en la Ilustración 1.

#### Ilustración 1

*Interacciones de la Sostenibilidad*



Fuente: Elaboración Propia

#### 3.4.1 Sostenibilidad Económica

La sostenibilidad económica se puede definir como aquellas prácticas que son económicamente rentables y tienen las siguientes características: buscan el crecimiento económico de las poblaciones y deben ser planteadas de manera estable y equitativa (ONU, 2012).

Debemos enfatizar que la sostenibilidad económica es de gran importancia en el desarrollo sostenible, ya que busca utilizar, salvaguardar y mantener los recursos, ya sean materiales o

inmateriales, incrementando su valor a largo plazo a través de su adecuado uso, mantenimiento, recuperación y reciclaje (Andrade Rhor, 2019).

### 3.4.2 Sostenibilidad Social

La sostenibilidad social puede definirse como aquellas prácticas que buscan que las actividades puedan realizarse de forma que no se destruya a las comunidades humanas a las que afecta, garantizando su perdurabilidad (Arriols, 2018).

De igual forma, la sostenibilidad social busca identificar y gestionar los impactos que los proyectos o negocios tienen sobre las personas, ya sean positivos o negativos y de forma directa o indirecta (ONU, 2012).

La sostenibilidad social se logra creando proyectos y ambientes que sean sostenibles, buscando promover el bienestar de la sociedad, siempre entendiendo que las partes interesadas necesitan de los lugares donde viven (UNEP, 2009).

### 3.4.3 Sostenibilidad Ambiental

La sostenibilidad ambiental se puede definir como todas aquellas actividades que tienen como objetivo principal evitar la extinción de los recursos naturales y materiales, buscando gestionar correctamente su producción, uso, disposición y reciclaje (UNEP, 2009).

En esta sostenibilidad se busca que todas aquellas relaciones que se establezcan con el medio ambiente no conlleven a la destrucción del medio ambiente, y que estas relaciones sean sostenibles y perdurables a largo plazo (Arriols, 2018).

Asimismo, la sostenibilidad ambiental en diversas investigaciones se define como sostenibilidad ecológica, y se entiende como la capacidad de un sistema para mantener sus estados en el tiempo sin alterar su forma y características (Giglo, 1987).

## 3.5 Parte Interesadas de un Proyecto

En todo proyecto existen partes interesadas que son individuos, grupos u organizaciones que forman parte o son afectados por el mismo, y de los cuales obtienen algún beneficio o perjuicio, pudiendo ser de cualquier forma, tamaño y capacidad (World Bank, 2010).

### 3.5.1 Definición de las Partes Interesadas en un Proyecto de Construcción:

Las partes interesadas en un proyecto de construcción pueden definirse como individuos y organizaciones que están activamente involucrados en el proyecto, o cuyos intereses pueden verse afectados por la ejecución del proyecto o por su finalización (PMI, 2014).

### 3.5.2 Clasificación de las partes interesadas en proyectos de construcción:

Es necesario clasificar a los interesados de un proyecto en categorías que se espera que compartan intereses y se vean igualmente afectados por el ciclo de vida del proyecto (UNEP, 2009).

Esta clasificación de las partes interesadas se puede encontrar resumida en la tabla 2, la cual es presentada a continuación.

**Tabla 2**

*Clasificación de las Partes Interesadas*

ISO 9001	ISO 14001	ISO 26001
Cientes	Cientes	Empleados
Propietarios	Comunidad	Administrativos
Organizaciones	Proveedores	Altos mandos
Proveedores	Gobierno	Proveedores
Bancos	Organizaciones no gubernamentales	Contratistas
Sociedades	Empleados	Individuos
Sociedad		Agencias de empleo
Competencia		

Fuente: Elaboración Propia

Referencia: (National Quality Assurance, 2016)

### 3.6 Ciclo de Vida del Proyecto (Proceso Proyecto-Construcción)

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, el ciclo de vida de un proyecto busca ir más allá del enfoque tradicional en los sitios de producción y los procesos de fabricación. Todo esto conlleva a tener en cuenta el impacto ambiental, social y económico de un producto, a lo largo de todo su ciclo de vida, incluidos el consumo y la fase final de uso (UNEP, 2009).

El ciclo de vida de un proyecto puede separarse en las siguientes fases:

#### 1) Viabilidad (V):

Es una de las fases de mayor importancia en el ciclo de vida de un proyecto, ya que es cuando se realizan estudios de viabilidad, donde se busca ver si el proyecto es viable desde el punto de vista ambiental, social y económico (Andrade Rhor, 2019).

Uno de los principales objetivos de esta fase es comparar diferentes escenarios sobre la necesidad y la posibilidad de invertir, y tener en cuenta cómo, cuándo y cuánto se debe financiar. En esta fase, se debe desarrollar la propuesta de proyecto para demostrar la necesidad de por qué se debe llevar a cabo el proyecto (Shen et al., 2007).

#### 2) Diseño (D):

En la fase de diseño es cuando se busca materializar el proyecto, y entre otras cosas realizar diferentes controles para determinar la calidad de la construcción y entregar finalmente el proyecto al encargado de llevarlo a cabo (Andrade Rhor, 2019).

Esta fase también es donde surge la oportunidad de considerar la sostenibilidad para seleccionar, entre otras cosas, los materiales y por lo tanto afecta en gran medida la sostenibilidad del proyecto (Shen et al., 2007).

### 3) Construcción (C):

La fase de construcción es donde se incurre en la mayoría de los costos del proyecto y es la fase más larga del proyecto. Es también donde se debe hacer realidad lo definido en el diseño y por tanto se puede decir que el proyecto diseñado es una fase de gestión (Andrade Rhor, 2019).

Esta fase incluye el uso de varios tipos de recursos, incluidos los recursos humanos, equipos, materiales y recursos financieros. Algunas organizaciones incluyen subcontratistas, diseñadores, consultores y proveedores de materiales en esta fase (Shen et al., 2007).

Asimismo, es importante resaltar que, en la fase de construcción, las actividades que se realizan tienen un gran impacto en el medio ambiente, desde la contaminación hasta la generación de residuos (Shen et al., 2007).

### 4) Mantenimiento-Operación (M-O):

En la fase de mantenimiento y operación, también definida como uso-mantenimiento, lo que se busca es definir el uso de la estructura terminada, siendo los usuarios el interesado a quien se le atribuye el consumo final del producto, en este caso una edificación (Andrade Rhor, 2019).

En esta fase es también cuando se presenta una retroalimentación sobre temas relacionados con el uso del producto con clientes, usuarios, vecinos y grupos locales, donde esta retroalimentación, debe ser vista como parte integral del proceso en la búsqueda de una mejora a nivel sostenible (Shen et al., 2007).

En esta fase también se incluye la fase de mantenimiento de la misma, que consiste en ejecutar las actividades necesarias para mantener las características iniciales y fundamentales durante todo el ciclo de vida del proyecto (Andrade Rhor, 2019).

### 5) Demolición (D):

En esta fase se completa el ciclo de vida del edificio y donde preferentemente se debe dar con la reutilización de sus materiales (U.S Green Building Council, 2009).

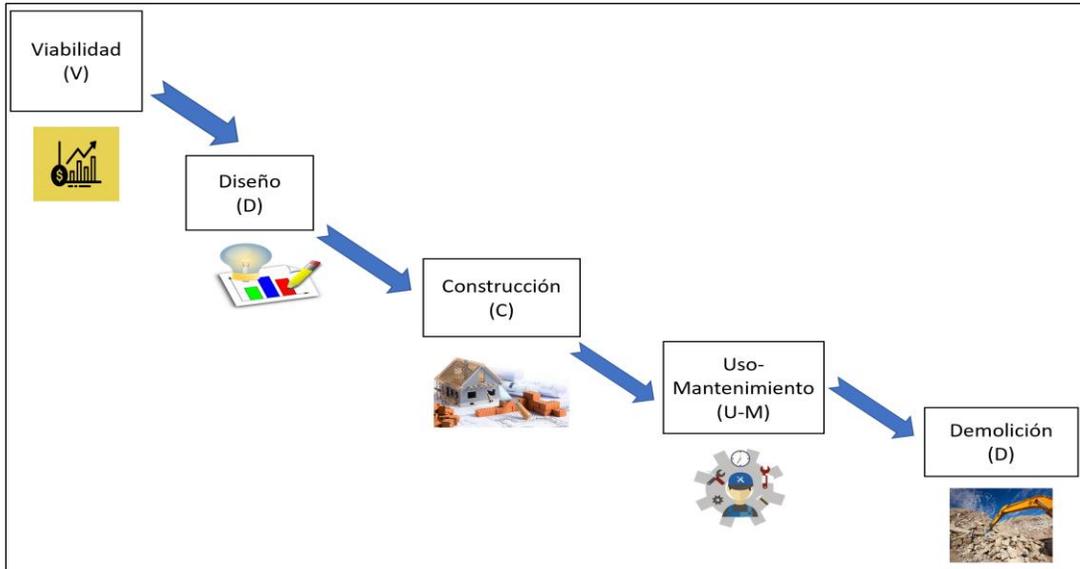
La fase de demolición, como se indicó anteriormente, es el final del ciclo de vida del proyecto, donde normalmente todos los procesos de construcción resultan en la generación de residuos de madera, hormigón, acero, ladrillo, plástico y otros materiales (Shen et al., 2007).

De la misma manera, todo proceso de construcción debe tener planes y una gestión efectiva de cómo se llevará a cabo el proceso de demolición, donde, por ejemplo, se debe tener en cuenta el reciclaje en la mayoría de las actividades que se llevan a cabo en el proyecto (Shen et al., 2007).

A continuación, se presenta la ilustración 2, donde se puede observar y detallar cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto antes mencionadas.

## Ilustración 2

### Ciclo de Vida de un Proyecto



Fuente: Elaboración Propia

Referencia: (Andrade Rhor, 2019)

### 3.7 Indicadores Sostenibles

En este apartado de indicadores sostenibles se tendrá en cuenta una breve explicación teórica de los indicadores económicos, sociales y ambientales. Del mismo modo, se conocerá un poco teóricamente sobre algunos de los indicadores que inciden en la sostenibilidad en todos sus ámbitos, tanto económico como social y ambiental.

#### 3.7.1 Indicadores Económicos

Un indicador económico es aquel cuyos aspectos afectan o pueden afectar económicamente al alcance al que se quiera llegar con el proyecto (Shen et al., 2007).

A continuación, se presentan algunos indicadores que inciden en la sostenibilidad económica y que han sido recopilados en diferentes investigaciones.

##### 3.7.1.1 Costos

El tema económico de un proyecto de construcción, todo en términos de lograr una cierta sostenibilidad económica, está influenciado en la mayoría de los casos por el costo del proyecto (Enshassi et al., 2018).

Algunos indicadores de importancia que se deben tomar en cuenta en relación con el costo, es el alcance al que se quiere llegar con el proyecto, donde es importante tenerlo definido desde las fases iniciales del proyecto, para poder determinar si el proyecto es rentable o no (Shen et al., 2007).

También se debe tener en cuenta el presupuesto con el que se cuenta en el proyecto para poder planificar y controlar el costo. De la misma manera, el costo del ciclo de vida del proyecto debe ser tomado en cuenta y definido correctamente en las fases iniciales del proyecto, tomando en consideración temas de preparación del sitio, temas de construcción, temas de costos de mantenimiento y operación del proyecto (Enshassi et al., 2018).

### 3.7.2 Indicadores Sociales

Un indicador social es aquel cuyos aspectos afectan o pueden afectar a las partes interesadas del proyecto, donde cada una de las partes interesadas se puede ver beneficiada o perjudicada por estos (Andrade Rhor, 2019).

A continuación, se presentan algunos indicadores que inciden en la sostenibilidad social y que han sido recopilados en diferentes investigaciones.

#### 3.7.2.1 Empleo

En todo proyecto para lograr la sostenibilidad a nivel social es de vital importancia que se genere oportunidades de empleo, especialmente en el mercado local y desde las fases iniciales del proyecto, por lo tanto, el empleo es un indicador importante para lograr la sostenibilidad a nivel social (Shen et al., 2007).

#### 3.7.2.2 Salud y Seguridad Ocupacional

Este indicador está relacionado con la seguridad general de las partes interesadas y cómo estas operaciones pueden afectar la seguridad de la comunidad, por ejemplo, las fallas estructurales conocidas (Andrade Rhor, 2019).

Un criterio que se debe tener en cuenta para el indicador de seguridad laboral es poder identificar cuáles pueden ser los riesgos que se pueden presentar en el futuro, para que de alguna manera se puedan establecer medidas que ayuden a prevenirlos (Shen et al., 2007).

#### 3.7.2.3 Confort Visual

Este indicador fomenta el aumento de la salud, el bienestar y la seguridad de los usuarios del edificio, donde en la fase de diseño es importante que se tenga en cuenta la iluminación natural y artificial, así como los dispositivos de control por parte de los usuarios y ocupantes del edificio, para garantizar las mejores prácticas para la eficiencia y el confort visual (BREEAM, 2020).

#### 3.7.2.4 Calidad del Ambiente Interno

Este indicador busca reconocer y fomentar un ambiente interno saludable a través de la especificación e instalación de sistemas de ventilación, equipos y acabados adecuados (BREEAM, 2020).

#### 3.7.2.5 Condiciones Laborales

El objetivo de este indicador es el de promover y mantener el más alto grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones (OMS, 1995).

Este indicador también debe tener en cuenta la aplicación de alguna medida de seguridad en el trabajo y la posibilidad de ofrecer algún tipo de seguro a los trabajadores del proyecto (Enshassi et al., 2018).

#### 3.7.2.6 Conciencia Ciudadana

Este indicador consiste en educar al equipo de trabajo, a las partes interesadas y a la sociedad en general en cuanto a la sostenibilidad y cómo se relaciona la sostenibilidad con el proyecto de construcción del cual serán y formarán parte (Andrade Rhor, 2019).

Un criterio importante para educar al equipo de trabajo es la colocación de afiches y letreros de, por ejemplo, seguridad en la obra con el fin de buscar crear conciencia entre los propios trabajadores del proyecto (Shen et al., 2007).

#### 3.7.3 Indicadores Ambientales

Los indicadores ambientales son conocidos también como las dimensiones físicas de la sostenibilidad, que incluyen, por ejemplo, las emisiones de gases de efecto invernadero, la cantidad de agua residual producida, la cantidad de agua dulce utilizada, el porcentaje de materiales reciclados entre otros (Cohen et al., 2014).

A continuación, se presentan algunos indicadores que inciden en la sostenibilidad ambiental y que han sido recopilados en diferentes investigaciones.

##### 3.7.3.1 Aire

Este indicador, que trata del aire, se refiere, entre otras cosas, a la reducción de emisiones peligrosas, incluidas las de gases de efecto invernadero y otros contaminantes, durante las etapas del ciclo de vida del proyecto (Andrade Rhor, 2019).

Asimismo, debemos tener en cuenta en los proyectos de construcción la posible contaminación del aire que genera el proyecto y su impacto en el clima local, donde para lograrlo debemos buscar reducir las emisiones en la atmósfera tanto de CO<sub>2</sub>, como de otros gases contaminantes (Shen et al., 2007).

##### 3.7.3.2 Agua

Este indicador busca fomentar el uso sostenible del agua durante el funcionamiento del edificio y su emplazamiento, donde se busca identificar los modos para reducir el consumo de agua potable tanto interna como externa, durante la vida útil del edificio, para así buscar minimizar las pérdidas de agua por fugas (BREEAM, 2020).

Con este indicador también se busca evaluar la posible contaminación del agua generada por el proyecto, y de la misma manera la posible contaminación del agua que será utilizada para el consumo, y buscar herramientas para que esto no suceda (Shen et al., 2007).

##### 3.7.3.3 Ruido

El ruido se define como cualquier sonido molesto y no deseado, que puede interferir con las actividades normales o disminuir la calidad de vida (Andrade Rhor, 2019).

Este indicador no debe ser subestimado en ninguna de las fases del ciclo de vida del proyecto, por lo tanto, se debe realizar una consulta y estudios iniciales sobre las consecuencias de la acción del ruido (Beckwith et al., 2011).

En este indicador también se busca reducir la acción del ruido que provoca el proceso de construcción, entre otras cosas para mejorar la calidad de vida de las personas que se encuentran alrededor (Shen et al., 2007).

#### 3.7.3.4 Residuos

Con este indicador se busca promover la reducción de residuos durante la construcción y durante la vida útil del edificio. Asimismo, también se busca promover la minimización de residuos a través de diseños optimizados que consideren las necesidades actuales y futuras, y que respondan a los requerimientos funcionales y de adaptación al cambio climático. (BREEAM, 2020).

### 3.8 Sistemas de Certificación Sostenibles

En esta sección comentaremos los diferentes sistemas de certificación a nivel sostenible, donde un sistema de certificación consiste en normas y estándares globales, pero no obligatorios, que son realizados por terceros que se especializan en temas de sostenibilidad y que se encargan de evaluar, clasificar y certificar proyectos (Andrade Rhor, 2019).

El sector de la construcción, por su parte, cuenta con diferentes sistemas de certificación, que van desde, por ejemplo, la evaluación social de los empleados de la empresa/proyecto, hasta estándares para determinar si un edificio cumple o no con los requisitos ambientales mínimos (Andrade Rhor, 2019).

A continuación, se muestra una lista de las certificaciones de sostenibilidad que fueron consultadas para la elaboración de esta investigación.

**Tabla 3**

*Tabla de Certificaciones Sostenibles*

Tipo de Proyecto	Nombre	Social	Ambiental
Edificación	BREEAM	X	X
Edificación	LEED	X	X
Edificación	VERDE	X	X

Fuente: Elaboración Propia

Referencia: (Andrade Rhor, 2019)

#### 3.8.1 Breeam

La certificación BREEAM es una certificación de sostenibilidad de edificaciones donde, a través de su aplicación y uso, ayuda a los clientes a medir y reducir el impacto ambiental de los edificios, y busca crear activos de mayor valor y menor riesgo (BREEAM, 2020).

El propósito de esta certificación es permitir que los edificios sean reconocidos de acuerdo con sus beneficios ambientales, mitigando los impactos del ciclo de vida de los edificios en el medio ambiente, proporcionando una etiqueta ambiental creíble a los edificios para estimular la demanda, creando valor para los edificios sostenibles (BREEAM, 2020).

Sus principales objetivos son asegurar la incorporación de las mejores prácticas ambientales durante las fases del ciclo de vida, definir un estándar de desempeño sólido y rentable que no supere lo exigido por la normativa y crear conciencia entre propietarios, ocupantes, diseñadores y operadores sobre temas relacionados a la reducción del impacto del ciclo de vida sobre el medio ambiente (BREEAM, 2020).

El esquema BREEAM está diseñado para evaluar el desempeño ambiental de los edificios en varias etapas del ciclo de vida y estos incluyen lo siguiente (BREEAM, 2020):

- BREEAM es urbanismo, para desarrollos de escala de barrio o mayores.
- BREEAM es nueva construcción, para edificios nuevos y rehabilitados y no residenciales.
- BREEAM es vivienda, para edificios de vivienda nuevos y rehabilitados.
- BREEAM es uso, para edificios existentes no residenciales.

#### 3.8.1.1 Breeam es vivienda:

El objetivo principal de este esquema de certificación es mitigar el impacto del ciclo de vida de estos edificios en el medio ambiente de una manera sólida y rentable (BREEAM, 2020).

Dicha certificación de evaluación de criterios sostenibles se basa en requisitos ambientales, que se pueden consultar en la tabla 4.

**Tabla 4***Indicadores BREEAM es Vivienda 2020.*

<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
Gestión	Gestión del proyecto, coste del ciclo de vida, coste del ciclo de vida, prácticas de construcción responsable.
Salud y Bienestar	Confort visual, calidad del aire interior, accesibilidad, calidad del agua, seguridad.
Energía	Eficiencia energética, iluminación externa, diseño de bajo en carbono
Transporte	Accesibilidad al transporte público, proximidad de servicios, modos de transporte alternativos.
Agua	Consumo de agua, detección y prevención de fugas de agua.
Materiales	Impactos del ciclo de vida, diseño orientado hacia la durabilidad y la resiliencia
Residuos	Gestión de residuos en la construcción y demolición
Uso del suelo	Selección del emplazamiento
Contaminación	Emisiones de NOx locales, aguas superficiales de escorrentía, atenuación de ruidos
Innovación	Innovación

Fuente: Elaboración Propia

Referencia: (BREEAM, 2020)

### 3.8.2 Leed

La certificación LEED es probablemente la certificación sostenible más conocida y es uno de los sistemas más utilizados para edificios ecológicos en el mundo. También está disponible para prácticamente todos los tipos de proyectos de construcción, comunitarios y de vivienda, en los que esta certificación proporciona un marco para crear edificios ecológicos saludables, altamente eficientes y económicos (U.S. Green Building Council, 2002).

Asimismo, la certificación LEED es un sistema de certificación de edificios sostenibles que se basa en incorporar a los proyectos aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior, la eficiencia en el consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres de la parcela y la selección de materiales (Susunaga, 2014).

LEED, a su vez, como certificación sostenible, ofrece a sus propietarios y operadores de edificios las herramientas necesarias para tener un efecto inmediato y medible en el desempeño de sus edificios, promoviendo un enfoque integral de la sostenibilidad (Andrade Rhor, 2019), donde LEED reconoce el desempeño en:

- Ubicación y Planificación.
- Desarrollo de Sitios Sostenibles.
- Ahorro de Agua.
- Eficiencia Energética.

- Selección de Materiales.
- Reducción de Desechos.
- Calidad Ambiental Interior.
- Estrategias Innovadoras.
- Atención a Asuntos Regionales Prioritarios.

### 3.8.3 Verde

La certificación Green es otorgada por Green Building Council España y presenta su enfoque en los aspectos ambientales, sociales y económicos. Este a su vez propone una metodología de evaluación de la sostenibilidad basada en el cumplimiento de las cinco “PS”, las cuales se pueden apreciar en la Tabla 5 (España Green Building Council, n.d.).

**Tabla 5**

*Cinco "PS" certificación Verde.*

<b>Cinco Ps</b>	<b>Criterio</b>
Personas	Calidad de vida y bienestar
Prosperidad	Desarrollo económico local y justo
Planeta	Protección a nuestro entorno
Paz	Concordia y armonía
Pacto	Implicación y compromiso de todos y para todos

Fuente: Elaboración Propia

Referencia: (España Green Building Council, n.d.)

Esta certificación busca evaluar la ubicación del edificio, la calidad ambiental interior, la gestión de los recursos, la integración social y la calidad técnica del edificio, todo ello basado en el Análisis de Ciclo de Vida. Asimismo, un edificio deberá ser sostenible desde el principio y desde que se producen los materiales con los que se construyen, hasta que se derriban y se les da una segunda vida (España Green Building Council, n.d.).

## 4 MARCO NORMATIVO

El objetivo de este apartado es plantear lo relacionado con el marco normativo que se utilizará en la investigación y cómo se encuentra dividido por artículos en el marco normativo español, lo que se puede entender en el apartado 4.1.

### 4.1 Normativa Marco Español

#### 4.1.1 Ley de Evaluación Ambiental

Artículo 1: Objeto y finalidad.

*“Esta Ley establece las bases que deben regir la evaluación ambiental de los planes, programas y proyectos que pueden tener efectos significativos sobre el medio ambiente, garantizando en todo el territorio del Estado un elevado nivel de protección ambiental, con el fin de promover un desarrollo sostenible, todo esto se debe cumplir mediante lo siguiente”*(Ley 21/2013, de 9 de Diciembre, de Evaluación Ambiental., 2017).

Dicho artículo de la Ley de Evaluación Ambiental Ley 21/2013 establece los siguiente con respecto a los proyectos que se vayan a realizar para cumplir con la finalidad de esta Ley (Ley 21/2013, de 9 de Diciembre, de Evaluación Ambiental., 2017):

- Se debe lograr integrar los aspectos medioambientales en la elaboración y en la adopción, aprobación o autorización de los planes, programas y proyectos.
- El análisis y la selección de las alternativas deben resultar ambientalmente viables.
- El establecimiento de las medidas debe permitir, corregir y compensar los efectos adversos sobre el medio ambiente.
- El establecimiento de las medidas de vigilancia, seguimiento y sanción deben ser las necesarias para cumplir con las finalidades de esta Ley.

Artículo 2: Principios de Evaluación Ambiental.

Algunos principios para lograr alcanzar la evaluación ambiental son los mostrados en la siguiente tabla 6:

**Tabla 6**

*Principios para Evaluación Ambiental*

<b>Principios para tener en cuenta en Evaluación ambiental</b>	
➤	Protección y mejora del medio ambiente.
➤	Precaución y acción cautelar.
➤	Acción preventiva, corrección y compensación de los impactos sobre el medio ambiente.
➤	Quien contamina paga.
➤	Racionalización, simplificación y concertación de los procedimientos de evaluación ambiental.
➤	Cooperación y coordinación entre la Administración del Estado y las Comunidades Autónomas.

Fuente: Elaboración Propia

Referencia: (Ley 21/2013, de 9 de Diciembre, de Evaluación Ambiental., 2017)

## Tabla 7

### Continuación Tabla 6

Principios para tener en cuenta en la Evaluación ambiental	
➤	Proporcionalidad entre los efectos sobre el medio ambiente de los planes, programas y proyectos y el tipo de procedimiento de evaluación al que en su caso deben someterse.
➤	Colaboración activa entre los distintos órganos administrativos que intervienen en el procedimiento de evaluación, facilitando la información necesaria que se les requiera.
➤	Participación pública.
➤	Desarrollo sostenible.
➤	Integración de aspectos ambientales en la toma de decisiones.
➤	Actuación de acuerdo con el mejor conocimiento científico posible.

Fuente: Elaboración Propia.

(Ley 21/2013, de 9 de Diciembre, de Evaluación Ambiental., 2017).

#### 4.1.2 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo

##### Artículo 1: Objeto.

*“El presente Real Decreto establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo”*(Real Decreto 486 / 1997 ,Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud de 14 de Abril, 2004).

##### Artículo 3: Obligación General del Empresario.

*“El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores o, si ello no fuera posible, para que tales riesgos se reduzcan al mínimo”*(Real Decreto 486 / 1997 ,Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud de 14 de Abril, 2004).

*“En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir con las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso y material y locales de primeros auxilios”* (Real Decreto 486 / 1997 ,Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud de 14 de Abril, 2004).

##### Artículo 4: Condiciones Constructivas.

*“El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbamientos o caídas de materiales sobre los trabajadores”*(Real Decreto 486 / 1997 ,Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud de 14 de Abril, 2004).

*“El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores”* (Real Decreto 486 / 1997 ,Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud de 14 de Abril, 2004).

Artículo 5: Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización.

*“El orden, la limpieza y el mantenimiento de los lugares de trabajo deberá ajustarse a lo dispuesto en el anexo II. Igualmente, la señalización de los lugares de trabajo deberá cumplir lo dispuesto en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril”* (Real Decreto 486 / 1997 ,Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud de 14 de Abril, 2004).

Artículo 7: Condiciones ambientales.

*“La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deberá suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores”* (Real Decreto 486 / 1997 ,Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud de 14 de Abril, 2004).

Artículo 8: Iluminación.

*“La iluminación de los lugares de trabajo deberá permitir que los trabajadores dispongan de condiciones de visibilidad adecuadas para poder circular por los mismos y desarrollar en ellos sus actividades sin riesgo para su seguridad y salud”*(Real Decreto 486 / 1997 ,Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud de 14 de Abril, 2004).

Artículo 11: Información a los trabajadores.

*“De conformidad con el artículo 18 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el empresario deberá garantizar que los trabajadores y los representantes de los trabajadores reciban una información adecuada sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse en aplicación del presente Real Decreto”*(Real Decreto 486 / 1997 ,Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud de 14 de Abril, 2004).

## 5 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Como criterio para elegir cuál sería la metodología más adecuada para el tipo de investigación que se propone, se realizó la recopilación de diferentes investigaciones, donde se presenta el siguiente artículo “*The Delphi Method: Review and Use in Construction Management Research*” (Sourani & Sohail, 2015), y donde en los siguientes párrafos podemos encontrar información relevante para la investigación propuesta.

Después de las observaciones de los autores, siguiendo las discusiones de los investigadores en el campo de la construcción, estos indican que existe un conocimiento limitado sobre la aplicación de Delphi, donde hay un vacío de información relevante sobre cómo opera el método, este puede ser uno de las muchas razones por las que esta metodología no se utiliza con mayor frecuencia (Sourani & Sohail, 2015).

Dicho esto, también es importante señalar que la metodología Delphi se puede aplicar y es recomendable llevarla a cabo en investigaciones sobre temas de seguridad y salud, riesgos, sistemas de selección de compras, selección de contratistas y sostenibilidad (Bendaña et al., 2008; Chan et al., 2001; Hallowell & Gambatese, 2010; J. Yeung et al., 2007).

### 5.1 Desarrollo del Método de Consulta

#### 5.1.1 Determinación de los Indicadores

Para la determinación de los indicadores utilizados en la investigación, se realizó una breve investigación documental en artículos y en certificaciones sobre indicadores sostenibles, para luego proceder a la elaboración de un listado de indicadores económicos, sociales y ambientales, que serviría para la posterior validación y evaluación de las variables, que serán estudiadas y evaluadas en la investigación.

#### 5.1.2 Validación de los Indicadores

Para la validación de los indicadores, la metodología aplicada y escogida para elaborar esta parte de la investigación es la de la aplicación de la Metodología Delphi, donde en los siguientes puntos se presentará información relevante encontrada en diferentes investigaciones.

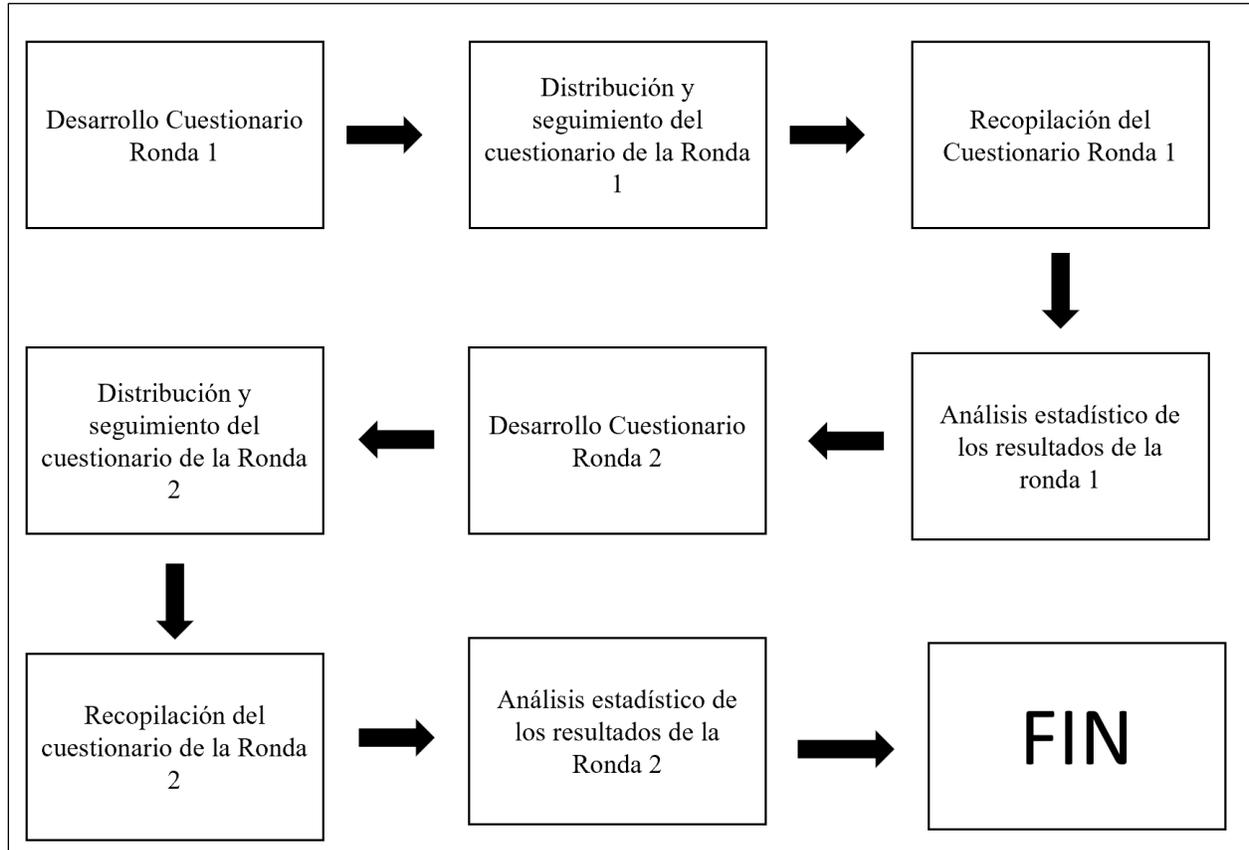
La metodología Delphi se define como un método estructurado que consiste en un proceso de comunicación grupal, que es efectivo al permitir que un grupo de individuos busquen abordar un problema complejo (Turoff & Linstone, 2002).

Asimismo, la metodología Delphi es un procedimiento sistemático cuyo principal objetivo es la recogida de opiniones de expertos y es una metodología que se lleva a cabo a través de una serie de cuestionarios (Sourani & Sohail, 2015).

A continuación, se presenta una ilustración que indica, de manera resumida, la metodología Delphi aplicada en la investigación.

### Ilustración 3

#### *Procedimiento Delphi en la Investigación*



Fuente: Elaboración Propia.

Referencia: (Sourani & Sohail, 2015).

Para entender un poco la ilustración 3, se debe indicar que luego de cada ronda, las respuestas fueron analizadas y en base al respectivo análisis, se desarrolló una nueva encuesta y se envió al panel de expertos, para una siguiente ronda de evaluación (Mullen, 2003; Robinson, 1991).

#### 5.1.3 Selección de Panel de Expertos

##### 5.1.3.1 Cantidad de Expertos en Investigaciones aplicando Metodología Delphi:

En relación al tema de la selección de expertos, diferentes estudios de metodología Delphi utilizan diferentes tamaños de panel de expertos, donde la literatura no especifica un número de expertos para estudios de investigación aplicando la metodología Delphi, sin embargo existen estudios que han recomendado un uso mínimo de siete a ocho expertos (Weidman et al., 2011).

Del mismo modo, es importante señalar que el tamaño del panel de expertos también depende de otros factores como el tiempo y los recursos económicos de los que dispone el

investigador, pero debe haber un mínimo de entre ocho y diez expertos (Mitchell & McGoldrick, 1994).

La mayoría de los estudios indican que se deben incluir de ocho a dieciséis expertos en la metodología Delphi, sugiriendo un mínimo de ocho expertos, donde se argumenta que el número específico de expertos debe estar determinado por las características del estudio (número de expertos disponibles, la capacidad del facilitador), y resaltan la importancia de contar con un número suficiente de expertos ante la posibilidad de tener que descartar a uno de ellos en la investigación (Hallowell & Gambatese, 2010).

Asimismo, es importante resaltar que mantener un alto nivel de respuesta por parte de los expertos es una de las mayores y grandes dificultades que puede encontrar el investigador al aplicar la metodología Delphi (J. Yeung et al., 2007).

#### 5.1.3.2 Criterios para la Selección de los Expertos en Investigaciones aplicando Metodología Delphi:

Es importante señalar que los expertos son generalmente personas muy ocupadas (Martino, 1984), donde sus cargas de trabajo y responsabilidades los pueden inhibir de participar en el Delphi o también los pueden inhibir de responder en un tiempo estimado por el investigador.

Dicho inconveniente puede ser abordado tomando medidas como la de dejar en claro a los expertos como será abordado la metodología en la investigación, dejar en claro los tiempos estimados para responder a las encuestas, adoptar medidas de recordatorio a los expertos que no han respondido y obtener una especie de compromiso por parte de los expertos para que estén comprometidos con la investigación (Sourani & Sohail, 2015).

Todos los criterios mencionados en los párrafos anteriores fueron utilizados como criterios para la selección de los expertos en esta investigación, en donde de igual manera la selección de los expertos estuvo basado en los conocimientos de los expertos, voluntad, disponibilidad y experiencias.

Se indica en estudios que un criterio para determinar el grado de conocimiento de un profesional es el que tengan un cargo importante en alguna empresa o en alguna institución de investigación relevante (Sourani & Sohail, 2015).

#### 5.1.3.3 Cantidad de Expertos Utilizados en la Investigación Planteada

Para la elección del número de expertos se tuvo en cuenta todo lo mencionado en los apartados anteriores, donde se logró conformar un panel de expertos de 11 profesionales, quienes contaban con un extenso currículum a nivel de experiencia y profesión, donde algunos tienen cargos empresariales importantes y otros tienen cargos universitarios en instituciones a nivel de investigación y docencia.

#### 5.1.4 Número de Rondas

En relación con el número de rondas que se debe aplicar en una investigación tipo Delphi, existen diferentes puntos de vista, por lo tanto, el número exacto de rondas que se debe aplicar en el método Delphi no está muy claro en la literatura (Sourani & Sohail, 2015).

Siguiendo con lo mencionado en el párrafo anterior, estudios indican que el número de rondas tiene una variación entre dos y siete (J. . Yeung et al., 2009). Asimismo, estudios indican que en la metodología Delphi se debe emplear al menos dos rondas (Lucko & Rojas, 2010).

También es importante tener en cuenta los estudios que indican que los mayores cambios en las respuestas a las rondas ocurren en las dos primeras rondas y que se logra relativamente poco después de esas rondas (Gunhan & Arditi, 2005).

De igual forma, se debe tener en cuenta que el número de rondas debe estar en función de las metas y objetivos de la investigación, por lo que un estudio que pretenda ser una investigación exploratoria utilizando preguntas abiertas, puede requerir un mayor número de rondas que una investigación con preguntas cerradas (Chong & Zin, 2010).

##### 5.1.4.1 Número de Rondas Empleadas en la Investigación Planteada

Para la escogencia del número de rondas, se tomó en cuenta lo mencionado en el apartado 5.1.4, y se estableció una cantidad de 2 rondas para la elaboración del panel de expertos.

#### 5.1.5 Elaboración de las Encuestas

##### 5.1.5.1 Escala de Likert Aplicada en las Encuestas

Para la evaluación de la encuesta en la investigación se utilizó la herramienta Escala de Likert, la cual es un instrumento cuyo objetivo es medir o recolectar datos que serán utilizados dentro de la investigación, donde se utiliza una escala aditiva que corresponde a un nivel ordinal de medición (Maldonado, 2012).

El investigador utiliza la Escala de Likert para evaluar las respuestas, en cuanto al grado de importancia, donde la escala aplicada en la investigación es la que se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Escala de Likert*

Sin Importancia	De Poca Importancia	Moderadamente Importante	Importante	Muy Importante
1	2	3	4	5

Fuente: Elaboración Propia

El mecanismo utilizado para realizar y distribuir la encuesta fue a través de la herramienta Google Forms, la cual estuvo estructurada por secciones y donde se solicitó a los expertos evaluar los indicadores de acuerdo con la importancia de cada indicador. Para la distribución de las encuestas se envió el enlace de la encuesta a cada correo electrónico de cada experto.

### 5.1.5.2 Encuestas Aplicadas en la Investigación

A continuación, se presentan las encuestas con los indicadores económicos, sociales y ambientales que serán evaluados en la investigación.

**Tabla 9**

*Indicadores Económicos a Evaluar en la Fase de Viabilidad*

<b>Fase</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
Viabilidad	Económico	Alcance	Debe definirse en las fases iniciales para determinar si es rentable o no llevar a cabo el proyecto.
Viabilidad	Económico	Presupuesto	Debe definirse en las fases iniciales para planificar y controlar el coste del proyecto.
Viabilidad	Económico	Financiamiento	Debe definirse en las fases iniciales para saber el cómo, cuándo y cuanto financiar.
Viabilidad	Económico	Ciclo de Vida	Debe definirse en las fases iniciales teniendo en cuenta cuestiones de preparación del sitio, construcción, operación, y costos de mantenimiento y operación.

Fuente: Elaboración Propia

Referencia: (Enshassi et al., 2018; Shen et al., 2007)

**Tabla 10**

*Indicadores Sociales a Evaluar en la Fase de Viabilidad*

<b>Fase</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
Viabilidad	Social	Empleo	Generación de empleo durante las fases iniciales del proyecto.
Viabilidad	Social	Servicios Comunitarios	Generación de servicios comunitarios para favorecer a las comunidades.
Viabilidad	Social	Salud y Seguridad Ocupacional	Identificación de riesgos que pueden surgir en el futuro.

Fuente: Elaboración Propia

Referencia: (Enshassi et al., 2018; Shen et al., 2007)

**Tabla 11***Indicadores Ambientales a Evaluar en la Fase de Viabilidad*

<b>Fase</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
Viabilidad	Ambiental	Aire	Considerar evaluar la posible contaminación del aire generada por el proyecto y su impacto en el clima local.
Viabilidad	Ambiental	Agua	Considerar evaluar la posible contaminación del agua generada por el proyecto.
Viabilidad	Ambiental	Ruido	Considerar evaluar la posible contaminación del ruido que será generada en las fases de construcción y operación.
Viabilidad	Ambiental	Residuos	Considerar realizar un estudio de la posible contaminación generada por los residuos del proyecto.

---

Fuente: Elaboración Propia.

Referencia: (Enshassi et al., 2018; Shen et al., 2007).

**Tabla 12***Indicadores Económicos a Evaluar en la Fase de Diseño*

<b>Fase</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
Diseño	Económico	Estandarización	Tomar en cuenta la estandarización de los planos en la fase de diseño.
Diseño	Económico	Selección de los materiales	Tomar en consideración para la adquisición y selección de los materiales tanto cuestiones económicas como temas de durabilidad y disponibilidad.

---

Fuente: Elaboración Propia.

Referencia: (Enshassi et al., 2018; Shen et al., 2007).

**Tabla 13***Indicadores Sociales a Evaluar en la Fase de Diseño*

<b>Fase</b>	<b>Categoría</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
Diseño	Social	Confort Visual	Considerar áreas del edificio que cumplan con iluminación media de luz natural y otras con iluminación mínima por luz natural.
Diseño	Social	Calidad Ambiente	Se debe considerar que en las zonas húmedas exista ventilación con toma de aire natural y extracción mecánica.
Diseño	Social	Accesibilidad	Se debe considerar que existe un acceso seguro al edificio por parte de los habitantes.

Fuente: Elaboración Propia.

Referencia: (Enshassi et al., 2018; Shen et al., 2007).

**Tabla 14***Indicadores Ambientales a Evaluar en la Fase de Diseño*

<b>Fase</b>	<b>Categoría</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
Diseño	Ambiental	Ciclo de Vida del Proyecto	Comunicaciones efectivas entre diseñadores, clientes y profesionales para cumplir con requisitos medioambientales.
Diseño	Ambiental	Diseño ambientalmente consciente	Considerar en la fase de diseño los requisitos medioambientales que serán implementados en las fases del proyecto.
Diseño	Ambiental	Diseño Modular	Emplear módulos y componentes estandarizados para mejorar la capacidad de construcción.

Fuente: Elaboración Propia.

Referencia: (Enshassi et al., 2018; Shen et al., 2007).

**Tabla 15***Indicadores Económicos a Evaluar en la Fase de Construcción*

<b>Fase</b>	<b>Categoría</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
Construcción	Económico	Salarios	Tomar en cuenta la realización de pagos oportunos a los trabajadores del proyecto.
Construcción	Económico	Materiales	Tomar en cuenta los costos de los materiales desde: hormigón, acero, ladrillos entre otros.
Construcción	Económico	Energía	Tomar en cuenta el costo de la energía utilizada en el proyecto.
Construcción	Económico	Seguridad en la Obra	Tomar en cuenta el costo del empleo de diferentes medidas de seguridad.

Fuente: Elaboración Propia.

Referencia: (Enshassi et al., 2018; Shen et al., 2007).

**Tabla 16***Indicadores Sociales a Evaluar en la Fase de Construcción*

<b>Fase</b>	<b>Categoría</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
Construcción	Social	Empleo Directo	Se debe evaluar las oportunidades de empleo generadas por el proyecto en el mercado local.
Construcción	Social	Condiciones Laborales	Se deberá tomar en cuenta la aplicación de medidas de seguridad en la obra y la posibilidad de ofrecer algún tipo de seguro a los trabajadores.
Construcción	Social	Conciencia Ciudadana	Se deberá tomar en cuenta la instalación de carteles y señales de seguridad buscando crear conciencia en los trabajadores.

Fuente: Elaboración Propia.

Referencia: (Enshassi et al., 2018; Shen et al., 2007).

**Tabla 17***Indicadores Ambientales a Evaluar en la Fase Construcción*

<b>Fase</b>	<b>Categoría</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
Construcción	Ambiental	Aire	Se deberá tomar en cuenta la reducción de las emisiones de aire tanto de CO2 como de otros gases contaminantes.
Construcción	Ambiental	Ruido	Se deberá tomar en cuenta la reducción de la acción del ruido ocasionado por la construcción.
Construcción	Ambiental	Residuos	Se deberá tomar en cuenta las medidas aplicadas en fase de diseño en relación con la reducción de residuos, generados por las actividades del proyecto.
Construcción	Ambiental	Contenido Material Reciclable	Se deberá tomar en cuenta la utilización de materiales reciclables en la fase de construcción.
Construcción	Ambiental	Elementos Renovables	Se deberá tomar en cuenta la utilización de materiales reutilizables del proyecto en la fase de construcción.
Construcción	Ambiental	Legislación	Se deberá tomar en cuenta la aplicación de leyes y normas medioambientales.

Fuente: Elaboración Propia.

Referencia: (Enshassi et al., 2018; Shen et al., 2007).

**Tabla 18***Indicadores Económicos a Evaluar en la Fase de Mantenimiento y Operación*

<b>Fase</b>	<b>Categoría</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
Mantenimiento y Operación	Económico	Balance en las Operaciones del Proyecto	Será realizado un balance para evaluar cómo se encuentra el proyecto en relación con el tiempo y costo.
Mantenimiento y Operación	Económico	Costos de Entrenamiento	Será tenido en cuenta los costos extras de entrenamiento.
Mantenimiento y Operación	Económico	Mejoras en la Economía Local	Será tenido en cuenta si con la implementación del proyecto se obtuvieron mejoras en la economía local.

Fuente: Elaboración Propia.

Referencia: (Enshassi et al., 2018; Shen et al., 2007).

**Tabla 19***Indicadores Sociales a Evaluar en la Fase de Mantenimiento y Operación*

<b>Fase</b>	<b>Categoría</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
Mantenimiento y Operación	Social	Disposición de Servicios	Será tenido en cuenta si se generó algún beneficio para mejorar el estándar de vida en las comunidades locales.
Mantenimiento y Operación	Social	Instalaciones	Será tenido en cuenta ofrecer espacios e instalaciones que sean beneficiosas para las comunidades locales.

Fuente: Elaboración Propia.

Referencia: (Enshassi et al., 2018; Shen et al., 2007).

**Tabla 20***Indicadores Ambientales a Evaluar en la Fase de Mantenimiento y Operación*

<b>Fase</b>	<b>Categoría</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
Mantenimiento y Operación	Ambiental	Descarga de Agua	Será tenido en cuenta la contaminación ocasionada por la descarga de agua de diferentes residuos químicos y orgánicos por canales de agua.
Mantenimiento y Operación	Ambiental	Residuos	Será tenido en cuenta llevar a cabo actividades para reducir la generación de residuos en la fase de mantenimiento.
Mantenimiento y Operación	Ambiental	Operaciones Internas y Externas	Será tenido en cuenta controlar el impacto ambiental de las actividades de mantenimiento en paredes, cubiertas y en componentes como plomería, drenajes y pinturas.

---

Fuente: Elaboración Propia.

Referencia: (Enshassi et al., 2018; Shen et al., 2007).

## **6 RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **6.1 Criterio Aplicado para el Análisis de los Resultados**

En relación con los criterios que se utilizaron para el análisis de los resultados obtenidos en esta investigación, debemos indicar los siguientes estudios que se tomaron como referencia para la selección de los criterios.

Por ejemplo, existe la investigación de (Hughes, 2003), donde se tomó como criterio el porcentaje de personas que están de acuerdo con una valoración de importante y muy importante con un porcentaje mayor al 83%.

De igual forma (Reetoo et al., 2004) plantea que los porcentajes de respuestas en sus estudios fueron tomados en cuenta a partir de la valoración importante con un porcentaje mayor al 70%.

En relación con la desviación estándar, es uno de los criterios más comunes para medir la dispersión en los estudios y se expresa como los valores que difieren de la media (Saunders et al., 1997).

De igual forma, diversos estudios utilizan el criterio de desviación estándar como indicador para llegar a un consenso o acuerdo entre expertos y participantes, donde podemos encontrar ejemplos en investigaciones de (Ferret & Marcinek, 2005; Miller, 2001; Scholl et al., 2004).

Asimismo, se encuentra la investigación desarrollada por (L. Galindo, 2018) donde indica en su estudio aplicando la Metodología Delphi, que el criterio establecido para llegar a un consenso entre los expertos, fue que la desviación estándar sea menor que 1.

Como criterio para el análisis de los resultados obtenidos en las encuestas y para llegar a un consenso entre los participantes, se utilizó la desviación estándar y el porcentaje de valoración de importancia (escala de Likert entre 4 y 5). Del porcentaje de valoración de la importancia, el criterio aplicado en la investigación fue que este porcentaje (escala Likert entre 4 y 5) sea mayor o igual al 70%.

Asimismo, para llegar a un consenso entre los expertos, fue utilizada la desviación estándar para establecer el consenso entre los mismos.

### **6.2 Resultados obtenidos de la investigación**

En esta sección se presentarán los resultados obtenidos de la investigación, donde en un primer punto se calculó el análisis de fiabilidad de la muestra, aplicando un análisis del Alfa de Cronbach. Luego se realizó un análisis estadístico, utilizando como herramienta el software estadístico SPSS.

Para el análisis de los resultados obtenidos de la investigación fueron aplicados los criterios expuestos en el apartado 6.1.

### 6.2.1 Análisis de fiabilidad de la Muestra

Como primer paso de análisis de los resultados obtenidos tras la evaluación de cada experto de las encuestas, se realizó un análisis de fiabilidad de la muestra aplicando el análisis Alfa de Cronbach.

Es importante señalar que después de crear un instrumento de medición, es relevante evaluar su calidad en términos de validez de constructo, a través de un análisis de la estructura interna, por medio del concepto de fiabilidad (Ramos et al., 2015).

El análisis de fiabilidad se basa en el cálculo de coeficientes conocidos como Alfa de Cronbach, donde la consistencia interna de un cuestionario considera que el valor mínimo satisfactorio para este coeficiente es 0.7. Este valor de 0.7 indica que el cuestionario presenta una confiabilidad aceptable (Garcia et al., 2015; Ketkar et al., 2012).

Dicho esto, podemos determinar los respectivos coeficientes de las encuestas realizadas en la investigación y destacar que los alfas cumplen con el criterio de ser mayores a 0.7

A continuación, en la Tabla 21 se presenta un resumen de los coeficientes de fiabilidad en cada fase estudiada con sus respectivos número de indicadores evaluados en las encuestas.

**Tabla 21**

*Resultado Análisis de Fiabilidad de la Encuesta*

Fase	Alfa de Cronbach	Número de indicadores
Viabilidad	0.982	11
Diseño	0.958	8
Construcción	0.986	13
Mantenimiento y Operación	0.943	8

Fuente: Elaboración Propia

Como podemos observar en la Tabla 21, los resultados arrojados por el software SPSS del análisis de fiabilidad de la encuesta cumplen con los criterios de fiabilidad, donde los coeficientes de Alfa de Cronbach dan cercanos al valor máximo de 1, por lo que se puede concluir que la muestra es bastante confiable.

### 6.2.2 Resultados de la Primera Ronda

A continuación, se presentan algunos resultados estadísticos de indicadores económicos, sociales y ambientales de la primera ronda. Asimismo, los demás resultados y gráficos estarán ubicados en los anexos.

### 6.2.2.1 Resultados Indicadores Económicos Ronda 1

**Tabla 22**

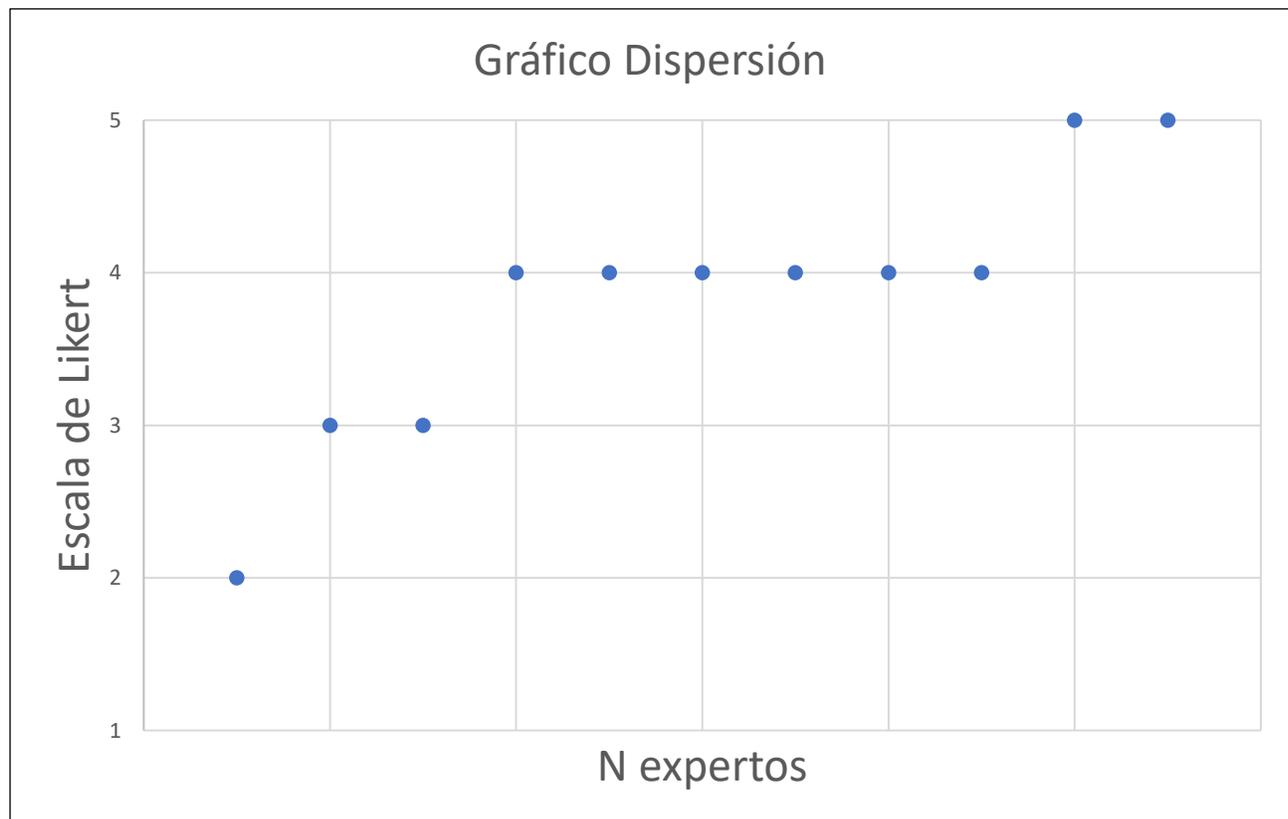
*Resumen Estadístico Indicador Alcance del Proyecto Ronda 1*

Recuento	11.00
Desviación Estándar	0.87
Varianza	0.76
Mínimo	2.00
Máximo	5.00
Rango	3.00
Media	3.82
Mediana	4.00
% respuesta > escala Likert (4)	72.73
% respuesta < escala Likert (4)	27.27

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 1**

*Gráfico de Dispersión Indicador Alcance del Proyecto Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 23**

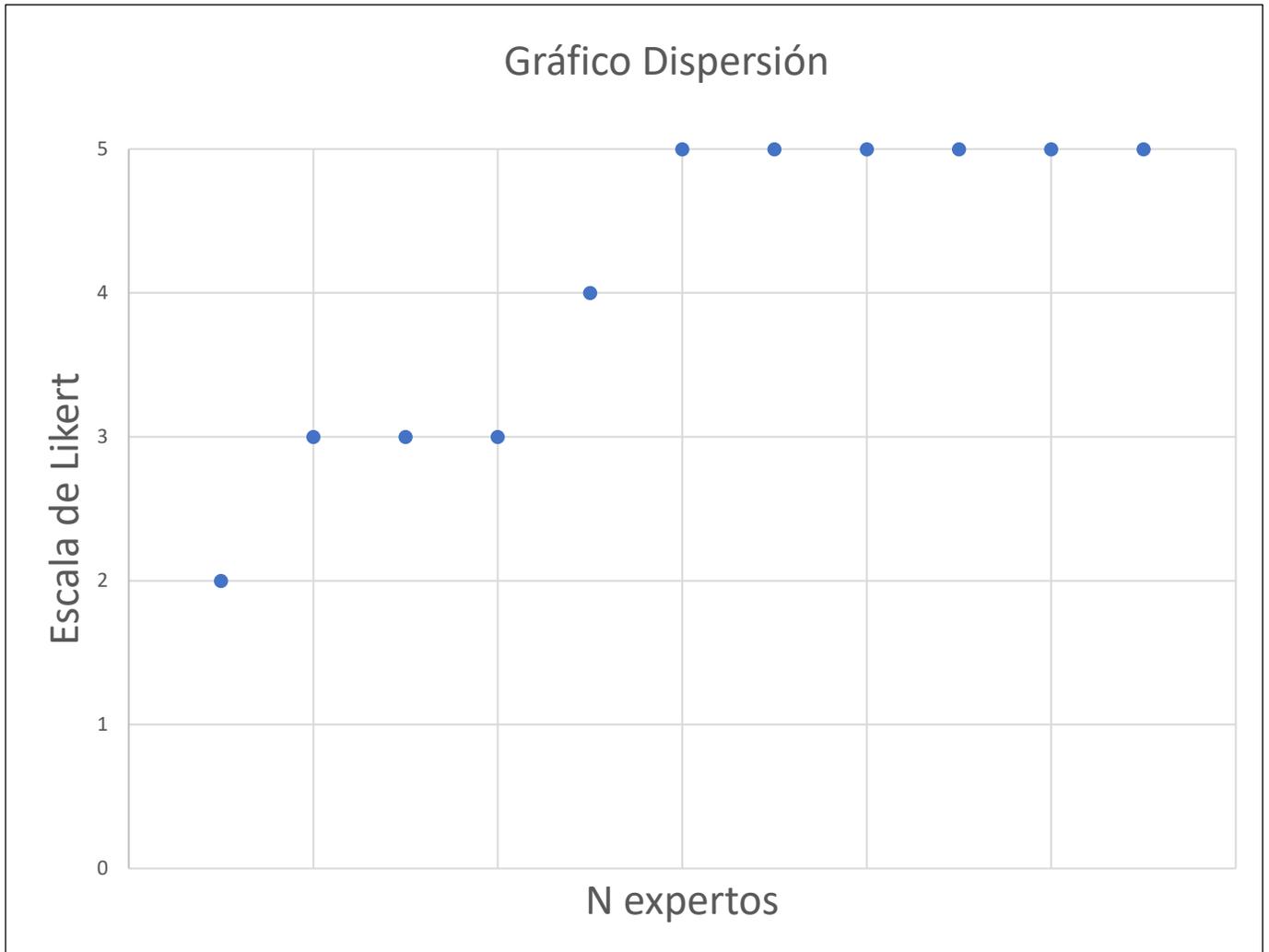
*Resumen Estadístico Indicador Financiamiento Ronda 1*

Recuento	11.00
Desviación Estándar	1.14
Varianza	1.29
Mínimo	2.00
Máximo	5.00
Rango	3.00
Media	4.09
Mediana	5.00
% respuesta > Escala Likert (4)	63.63
% respuesta < Escala Likert (4)	36.37

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 2**

*Gráfico de Dispersión Indicador Financiamiento Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

### 6.2.2.2 Resultados Indicadores Sociales Ronda 1

**Tabla 24**

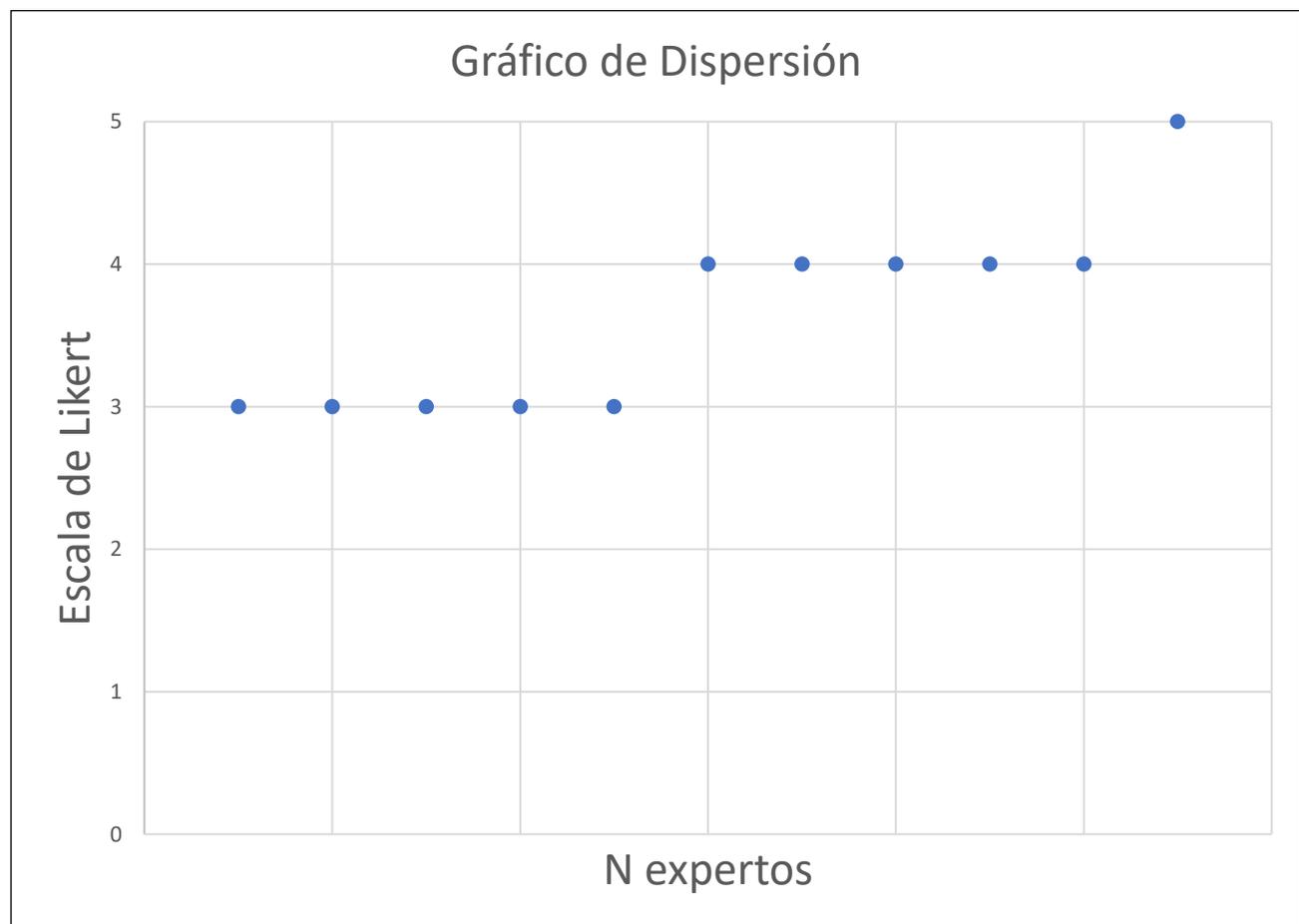
*Resumen Estadístico Indicador Empleo Ronda 1*

Recuento	11.00
Desviación Estándar	0.67
Varianza	0.46
Mínimo	3.00
Máximo	5.00
Rango	2.00
Media	3.64
Mediana	4.00
% respuesta > Escala Likert (4)	54.55
% respuesta < Escala Likert (4)	45.45

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 3**

*Gráfico de Dispersión Indicador Empleo Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 25**

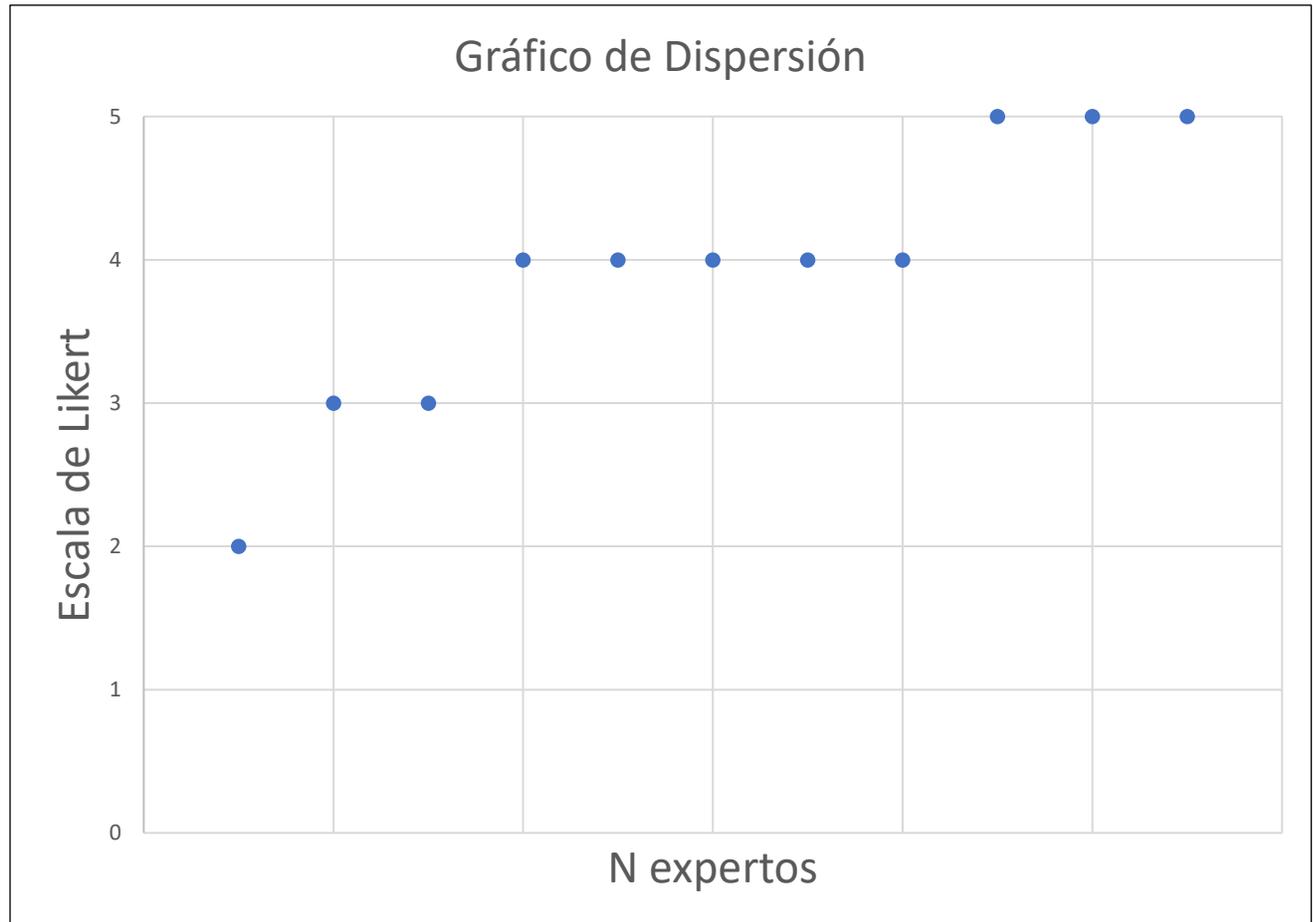
*Resumen Estadístico Indicador Salud y Seguridad Ocupacional Ronda 1*

Recuento	11.00
Desviación Estándar	0.94
Varianza	0.89
Mínimo	2.00
Máximo	5.00
Rango	3.00
Media	3.91
Mediana	3.00
% respuesta > Escala Likert (4)	72.73
% respuesta < Escala Likert (4)	27.27

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 4**

*Gráfico de Dispersión Indicador Salud y Seguridad Ocupacional Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

### 6.2.2.3 Resultados Indicadores Ambientales Ronda 1

**Tabla 26**

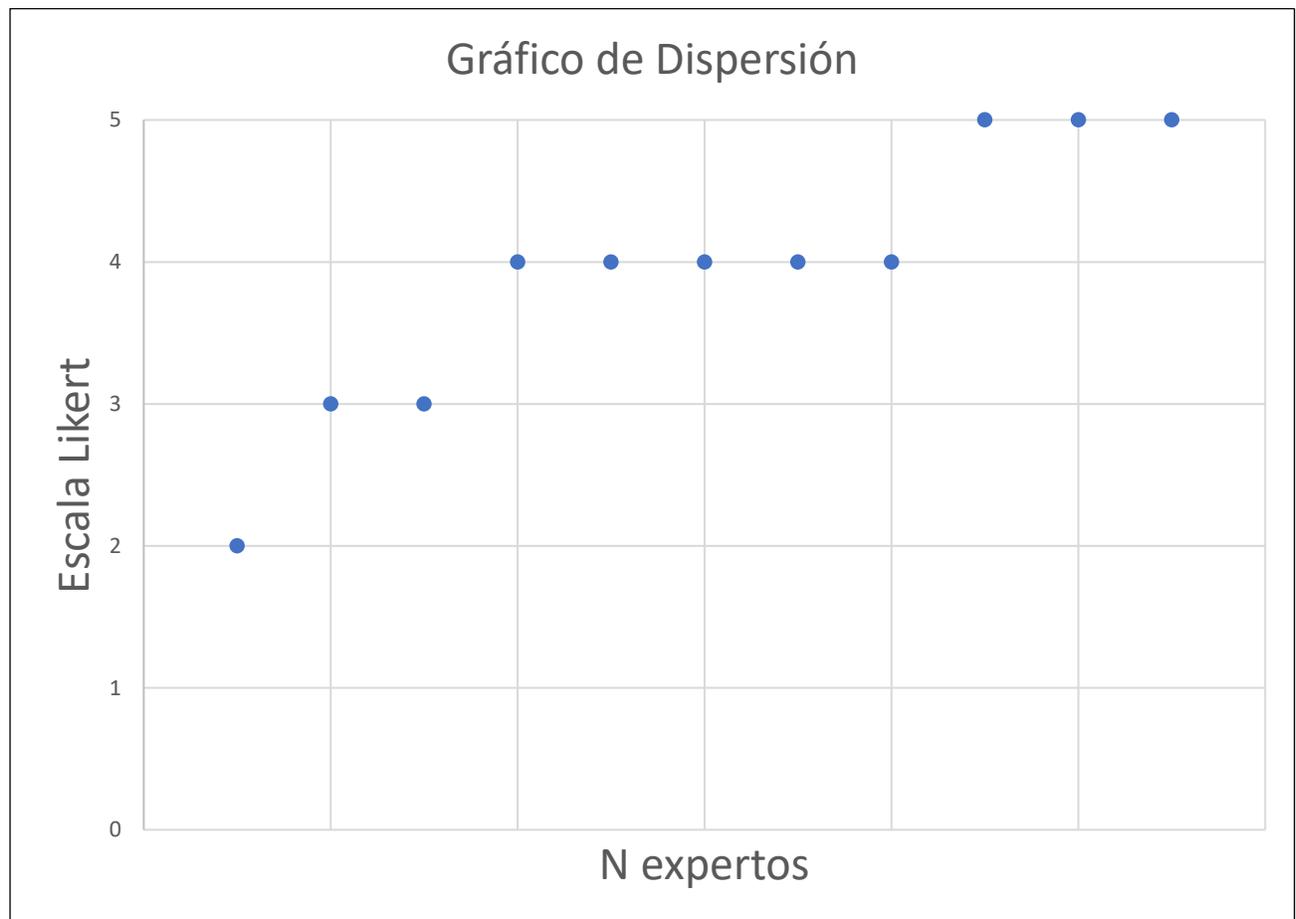
*Resumen Estadístico Indicador Contaminación del Aire Ronda 1*

Recuento	11.00
Desviación Estándar	0.94
Varianza	0.89
Mínimo	2.00
Máximo	5.00
Rango	3.00
Media	3.91
Mediana	3.00
% respuesta > Escala Likert (4)	72.73
% respuesta < Escala Likert (4)	27.27

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 5**

*Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación del Aire Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 27**

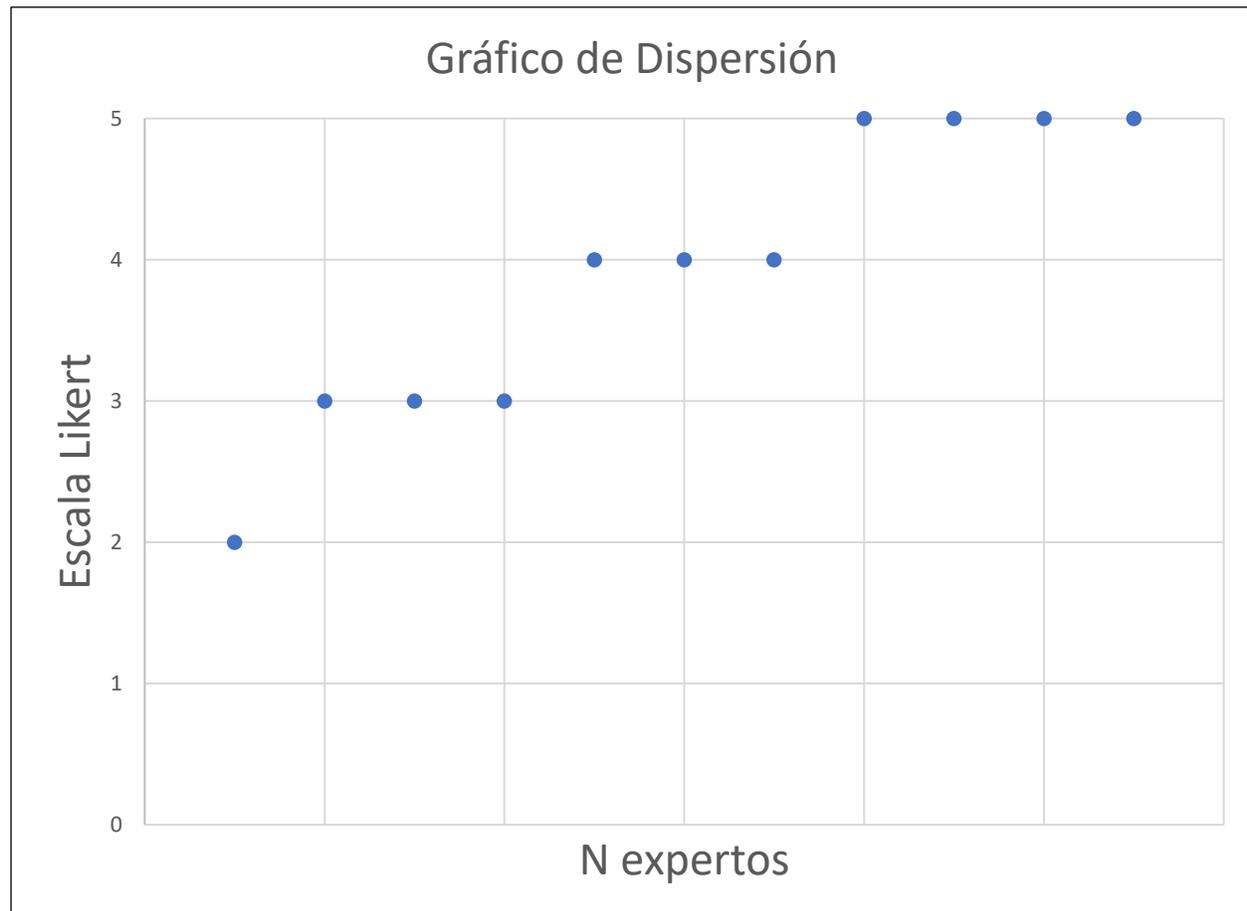
*Resumen Estadístico Indicador Contaminación de Agua Ronda 1*

Recuento	11.00
Desviación Estándar	1.04
Varianza	1.09
Mínimo	2.00
Máximo	5.00
Rango	3.00
Media	3.91
Mediana	4.00
% respuesta > Escala Likert (4)	63.63
% respuesta < Escala Likert (4)	36.36

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 6**

*Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación del Agua Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

### 6.2.3 Tabla Resumen Estadístico Indicadores Económicos Ronda 1

La Tabla 28 presenta un resumen de los datos estadísticos de la ronda 1, donde si desea ver y analizar las demás gráficas, se ubicarán en los anexos.

**Tabla 28**

*Tabla de Resultados Indicadores Económicos Ronda 1*

Num	Fase	Indicador	Media	Desviación Estándar	Varianza	Valoración >4	Valoración <4
IEV1	Viabilidad	Alcance del Proyecto	3.82	0.87	0.76	72.73 %	27.27 %
IEV2	Viabilidad	Presupuesto del Proyecto	4.27	1.01	1.02	81.82 %	18.18 %
IEV3	Viabilidad	Financiamiento del Proyecto	4.09	1.14	1.29	63.64 %	36.36 %
IEV4	Viabilidad	Costo Ciclo de Vida del Proyecto	4.45	0.69	0.47	90.91 %	9.09 %
IED1	Diseño	Estandarización de los Planos	3.73	0.47	0.22	72.73 %	27.27 %
IED2	Diseño	Selección de los Materiales	4.27	0.65	0.42	90.91 %	9.09 %
IEC1	Construcción	Costos Salariales	4.00	1.00	1.00	72.73 %	27.27 %
IEC2	Construcción	Costos de los Materiales	3.82	0.75	0.56	63.64 %	36.36 %
IEC3	Construcción	Costo de la Energía	4.09	0.83	0.69	72.73 %	27.27 %
IEC4	Construcción	Costo de la Seguridad en la Obra	4.36	1.12	1.125	72.73 %	27.27 %
IEMO1	Mantenimiento y operación	Balance en las Operaciones	3.91	0.82	0.67	54.55 %	45.45 %
IEMO2	Mantenimiento y operación	Costos de entrenamiento	3.45	0.93	0.87	45.45 %	54.55 %
IEMO3	Mantenimiento y Operación	Mejoras en la economía local	3.45	0.93	0.87	54.55 %	45.45 %

Fuente: Elaboración Propia

### 6.2.4 Análisis de indicadores económicos de la Ronda 1

#### 6.2.4.1 Fase de Viabilidad

De la primera ronda en la fase de viabilidad, cabe señalar que el indicador económico que presentó mayor importancia fue el indicador "costo del ciclo de vida del proyecto". De este indicador se obtuvo una media de 4.45, una desviación estándar de 0.69 y un porcentaje de valoración de importancia (> 4 en Escala de Likert) del 90.91%.

El siguiente indicador importante, en esta misma fase, fue el indicador de “presupuesto del proyecto”. De este indicador se obtuvo una media de 4.27, una desviación estándar de 0.65 y un porcentaje de valoración de importancia (> 4 en Escala de Likert) del 81.82%.

Todos estos datos mencionados anteriormente, reflejan la alta consideración que los expertos tienen en relación con la aplicación de factores de sostenibilidad económica para evaluar la sostenibilidad durante el ciclo de vida del proyecto.

Asimismo, lo anterior concuerda con lo mencionado por (Khalfan et al., 2002) que indica que para cumplir con los aspectos económicos en la búsqueda de la sostenibilidad del proyecto, se debe definir el presupuesto del proyecto de manera minuciosa y de manera detallada en las fases iniciales del mismo, tomando en consideración el costo en que se incurrirá durante el ciclo de vida del proyecto.

En relación con el indicador “financiamiento del proyecto”, dado que este indicador no obtuvo un porcentaje de valoración de importancia (>4 en Escala de Likert) superior al 70% y que este indicador obtuvo una desviación estándar de 1.14, se puede decir que no se pudo establecer un consenso entre los expertos en la primera ronda, por lo que dicho indicador fue evaluado en una segunda ronda.

#### 6.2.4.2 Fase de Diseño

De la primera ronda en la fase de diseño, cabe señalar que el indicador económico que presentó mayor importancia fue el indicador de "selección de materiales". De este indicador se obtuvo una media de 4.27, una desviación estándar de 0.65 y un porcentaje de valoración de importancia (> 4 en Escala de Likert) del 90.91%.

El siguiente indicador de importancia, en esta misma fase, fue el indicador “estandarización de los planos”. De este indicador se obtuvo una media de 3.73, una desviación estándar de 0.47 y un porcentaje de valoración de importancia (> 4 en Escala de Likert) del 72.73%.

Lo anterior, concuerda con lo planteado por (Enshassi et al., 2018) que indica que la estandarización de los planos es un factor fundamental para reducir el costo general del proyecto y que una correcta selección de materiales, teniendo en cuenta criterios económicos, en la fase de diseño, tendrá una influencia económica positiva en el proyecto.

#### 6.2.4.3 Fase de Construcción

De la primera ronda en la fase de construcción, cabe señalar que el indicador económico que presentó mayor importancia fue el indicador de “costo de la seguridad en la obra”. De este indicador se obtuvo una media de 4.36, una desviación estándar de 1.12 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 72.73%.

El siguiente indicador de importancia, en esta misma fase, fue el indicador de “costo de la energía”. De este indicador se obtuvo una media de 4.09, una desviación estándar de 0.83 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 72.73%.

El siguiente indicador de importancia, en esta misma fase, fue el indicador “costos salariales”. De este indicador se obtuvo una media de 4.00, una desviación estándar de 1.00 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 72.73%.

De lo anterior, se puede decir según los expertos, que el indicador “costo de seguridad en obra” es el indicador que presentó mayor importancia en la fase de construcción a nivel económico, seguido de los demás costos del proyecto.

Lo señalado sobre los costos de seguridad en la obra concuerda con lo mencionado en las investigaciones de (Enshassi et al., 2018; Riley et al., 2003) quienes indican que el indicador de seguridad en la obra debe ser tomado en cuenta en la fase de construcción y es de gran importancia para lograr una mayor sostenibilidad económica.

En relación con el indicador “costo de materiales”, dado que este indicador no obtuvo un porcentaje de valoración de importancia (> 4 Escala de Likert) mayor al 70%, no fue posible establecer un consenso entre los expertos en la primera ronda, por lo que dicho indicador fue evaluado en una segunda ronda.

#### 6.2.4.4 Fase Mantenimiento y Operación

Los indicadores económicos de la fase de mantenimiento-operación mostraron porcentajes de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) entre el 45-55%. De ello se puede decir que, en esta primera ronda, no fue posible establecer un consenso entre los expertos sobre la importancia de estos indicadores, por lo que estos indicadores fueron evaluados en una segunda ronda.

#### 6.2.5 Tabla Resumen Estadístico Indicadores Sociales Ronda 1

La Tabla 29 presenta un resumen de los datos estadísticos de la ronda 1, donde si desea ver y analizar las demás gráficas, se ubicarán en los anexos.

**Tabla 29***Tabla de Resultados Estadísticos Indicadores Sociales Ronda 1*

Num	Fase	Indicador	Media	Desviación Estándar	Varianza	Valoración >4	Valoración <4
ISV1	Viabilidad	Empleo	3.64	0.67	0.45	54.55 %	45.45 %
ISV2	Viabilidad	Servicios Comunitarios	3.27	0.79	0.62	27.27 %	72.73 %
ISV3	Viabilidad	Salud y Seguridad Ocupacional	3.91	0.94	0.89	72.73 %	27.27 %
ISD1	Diseño	Confort Visual	3.45	0.82	0.67	45.45 %	54.55 %
ISD2	Diseño	Calidad Ambiente	3.91	0.70	0.49	72.73 %	27.27 %
ISD3	Diseño	Accesibilidad	3.82	1.17	1.36	63.64 %	36.36 %
ISC1	Construcción	Empleo Directo	3.36	0.92	0.85	45.45 %	54.55 %
ISC2	Construcción	Condiciones Laborales	4.18	1.08	1.16	72.73 %	27.27 %
ISC3	Construcción	Conciencia Ciudadana	3.82	1.08	1.16	54.55 %	45.45 %
ISMO1	Mantenimiento y Operación	Disposición de Servicios	3.55	0.93	0.87	45.45 %	54.55 %
ISMO2	Mantenimiento y Operación	Instalaciones	3.55	0.82	0.49	54.55 %	45.45 %

Fuente: Elaboración Propia

## 6.2.6 Análisis de indicadores sociales de la Ronda 1

### 6.2.6.1 Fase de Viabilidad

De la primera ronda en la fase de viabilidad, cabe señalar que el indicador social que presentó mayor importancia fue el indicador de “seguridad y salud en el trabajo”. De este indicador se obtuvo una media de 3.91, una desviación estándar de 0.94 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 72.73%.

Lo anterior es congruente con lo señalado por los estudios de (Enshassi et al., 2018; Shen et al., 2007) que indican que una correcta evaluación de la seguridad y salud en el trabajo, en las fases iniciales del proyecto, puede ser de gran ayuda para la determinación de los riesgos que se pueden presentar durante el proyecto y así poder determinar qué medidas se pueden aplicar para prevenirlos.

Asimismo, de la primera ronda cabe señalar que el indicador “empleo” obtuvo un porcentaje de valoración de la importancia (>4 Escala de Likert) del 54.55%. De esa valoración se puede decir que no se llegó a un consenso entre los expertos, por lo que este indicador fue evaluado en una segunda ronda.

Del indicador “servicios comunitarios” se obtuvo una media de 3.27 y un porcentaje de valoración de importancia (> 4 Escala de Likert) del 27.27%. De ello se puede decir que este

indicador presentó un valor de importancia media bajo y, por lo tanto, reflejó una consideración insignificante según la evaluación de los expertos. Debido a esta baja tendencia, el indicador “servicios comunitarios” fue eliminado de la lista de indicadores a evaluar.

#### 6.2.6.2 Fase de Diseño

De la primera ronda en la fase de diseño, cabe señalar que el indicador social que presentó mayor importancia fue el indicador de “calidad ambiental”. De este indicador se obtuvo una media de 3.91, una desviación estándar de 0.94 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) de 72.73%.

El siguiente indicador fue el indicador de “accesibilidad”. De este indicador se obtuvo una media de 3.82, una desviación estándar de 1.17 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 63.64%. Siguiendo con el indicador de “confort visual” con una media de 3.45, una desviación estándar de 0.82 y un porcentaje de valoración de la importancia (>4 Escala de Likert) del 45.45%.

Del indicador “calidad ambiental” se puede decir que su importancia está relacionada con lo expuesto por la certificación (BREEAM, 2020) que indica que para lograr la sostenibilidad social es importante fomentar un ambiente interno sano, tomando las medidas adecuadas y, siempre buscando el beneficio social para los habitantes.

En relación con los indicadores de “accesibilidad” y “confort visual”, estos indicadores, al no alcanzar un consenso entre los expertos, fueron evaluados en una segunda ronda.

#### 6.2.6.3 Fase de Construcción

De la primera ronda en la fase de construcción, cabe señalar que el indicador social que presentó mayor importancia fue el indicador de “condiciones laborales”. De este indicador se obtuvo una media de 4.18, una desviación estándar de 1.08 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 72.73%.

Lo anterior es congruente con lo establecido por la (OMS, 1995) que indica que en todo proyecto que busque ser más sostenible a nivel social, debe presentar buenas condiciones de trabajo. Asimismo, debe promoverse y mantenerse el más alto grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores.

Asimismo, de la primera ronda cabe destacar que el indicador “conciencia ciudadana” obtuvo una media de 3.82, una desviación estándar de 1.08 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) de 54.55%. Asimismo, el indicador “empleo directo” obtuvo una media de 3.36, una desviación estándar de 0.92 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 45.45%.

En relación con los indicadores “conciencia ciudadana” y “empleo directo”, estos indicadores, al no alcanzar un consenso entre los expertos, fueron evaluados en una segunda ronda.

#### 6.2.6.4 Fase de Mantenimiento y Operación

Los indicadores económicos de la fase de mantenimiento-operación mostraron porcentajes de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) entre el 45-55%. De ello se puede decir que, en esta primera ronda, no fue posible establecer un consenso entre los expertos sobre la importancia de estos indicadores, por lo que estos indicadores fueron evaluados en una segunda ronda.

#### 6.2.7 Tabla Resumen Estadístico Indicadores Ambientales Ronda 1

La Tabla 30 y la Tabla 31 presenta un resumen de los datos estadísticos de la ronda 1, donde si desea ver y analizar las demás gráficas, se ubicarán en los anexos.

**Tabla 30**

*Tabla de Resultados Indicadores Ambientales Ronda 1*

Num	Fase	Indicador	Media	Desviación Estándar	Varianza	Valoración >4	Valoración <4
IAV1	Viabilidad	Contaminación Aire	3.91	0.94	0.89	72.73 %	27.27 %
IAV2	Viabilidad	Contaminación Agua	3.91	1.04	1.09	63.64 %	36.36 %
IAV3	Viabilidad	Contaminación Ruido	3.64	0.92	0.86	54.55 %	45.45 %
IAV4	Viabilidad	Residuos	4.00	0.78	0.60	72.73 %	27.27 %
IAD1	Diseño	Diseño del Ciclo de Vida del Proyecto	4.09	0.70	0.49	81.82 %	18.18 %
IAD2	Diseño	Diseño Ambientalmente Consciente	4.00	0.78	0.60	72.73 %	27.27 %
IAD3	Diseño	Diseño Modular	3.55	0.52	0.27	54.55 %	45.45 %
IAC1	Construcción	Contaminación Emisiones de Aire	4.09	0.83	0.69	72.73 %	27.27 %
IAC2	Construcción	Contaminación Acústica	3.91	0.94	0.89	72.73 %	27.27 %
IAC3	Construcción	Contaminación por Generación de Residuos	4.00	0.89	0.80	63.64 %	36.36 %
IAC4	Construcción	Contenido Material Reciclable	3.82	0.75	0.56	63.64 %	36.36 %
IAC5	Construcción	Elementos Renovables	3.82	0.75	1.16	63.64 %	36.36 %

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 31***Continuación Tabla 30*

Num	Fase	Indicador	Media	Desviación Estándar	Varianza	Valoración > 4	Valoración < 4
IAC6	Construcción	Legislación	3.82	1.08	1.29	54.55 %	45.45 %
IAMO1	Mantenimiento y Operación	Descarga de Agua	4.09	0.70	0.27	81.82 %	18.18 %
IAMO2	Mantenimiento y Operación	Residuos	4.09	0.83	0.69	72.73 %	27.27 %
IAMO3	Mantenimiento y Operación	Operaciones internas y externas	4.00	1.09	1.20	63.64 %	36.36 %

Fuente: Elaboración Propia

## 6.2.8 Análisis de indicadores ambientales de la Ronda 1

### 6.2.8.1 Fase de Viabilidad

De la primera ronda en la fase de viabilidad, cabe señalar que el indicador que presentó mayor importancia fue el indicador “residuo”. De este indicador se obtuvo una media de 4.00, una desviación estándar de 0.78 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 72.73%.

Lo mencionado sobre el indicador “residuos” concuerda con la investigación desarrollada por (Shen et al., 2007) que indica que realizar una correcta y temprana evaluación de la posible contaminación generada por los residuos, es de gran importancia para determinar cuáles son las medidas, que se tendrán en cuenta durante el desarrollo del proyecto y poder aplicarlos desde el principio.

El siguiente indicador de importancia, en esta misma fase, fue el indicador “contaminación del aire”. De este indicador se obtuvo una media de 3.91, una desviación estándar de 0.94 y un porcentaje de valoración de importancia (> 4 Escala de Likert) del 72.73%

Lo mencionado sobre el indicador de “contaminación del aire” es congruente con la investigación desarrollada por (Enshassi et al., 2018) que indica que los proyectos de construcción deben tener en cuenta la evaluación de la posible contaminación del aire generada por el proyecto y su impacto en el medio ambiente local. climatizado. Todo ello buscando reducir las emisiones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, así como otros gases contaminantes.

El siguiente indicador de importancia, en esta misma fase, fue el indicador “contaminación del agua”. De este indicador se obtuvo una media de 3.91, una desviación estándar de 1.04 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 63.64%.

Asimismo, en esta misma fase se obtuvo una media de 3.64, una desviación estándar de 0.92 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 63.64% para el indicador “contaminación ruido.”

En relación con los indicadores “contaminación del agua” y “contaminación ruido”, estos indicadores, al no alcanzar un consenso entre los expertos, fueron evaluados en una segunda ronda.

#### 6.2.8.2 Fase de Diseño

De la primera ronda en la fase de diseño, cabe señalar que el indicador que presentó mayor importancia fue el indicador “diseño del ciclo de vida del proyecto”. De este indicador se obtuvo una media de 4.09, una desviación estándar de 0.70 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 81.82%.

Lo mencionado sobre el indicador “diseño del ciclo de vida del proyecto” concuerda con las investigaciones realizadas por (Enshassi et al., 2018; Shen et al., 2007) quienes indican que en las fases iniciales del proyecto es donde más se debe tener comunicaciones efectivas entre diseñadores, clientes y profesionales ambientales, para cumplir con los requisitos de diseño ambiental.

El siguiente indicador de importancia, en esta misma fase, fue el indicador de “diseño ambientalmente consciente”. De este indicador se obtuvo una media de 4.00, una desviación estándar de 0.78 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 72.73%.

Asimismo, en esta misma fase se obtuvo una media de 3.55, una desviación estándar de 0.52 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 54.55% para el indicador “diseño modular”.

En relación con el indicador “diseño modular”, este indicador, al no alcanzar un consenso entre los expertos, fue evaluado en una segunda ronda.

#### 6.2.8.3 Fase de Construcción

De la primera vuelta en la fase de construcción, el indicador que presentó mayor importancia fue el indicador de “contaminación por emisiones de aire”. De este indicador se obtuvo una media de 4.09, una desviación estándar de 0.83 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 72.73%.

Asimismo, en esta fase se obtuvo una media de 3.91, una desviación estándar de 0.94 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 72.73% para el indicador “contaminación acústica”.

De los indicadores “contaminación por emisiones atmosféricas” y “contaminación acústica”, cabe señalar que este es consistente con lo señalado en la investigación de (Enshassi et al., 2018) que indica que, en la fase de construcción, es de gran importancia tomar las medidas necesarias para reducir la contaminación por emisiones atmosféricas generadas por el proyecto. Asimismo, se deben tener en cuenta las molestias que el ruido puede generar hacia los habitantes de la zona.

En relación con los indicadores generación de residuos, contenido de material reciclable, elementos renovables y legislación, no se obtuvo consenso de los expertos, por lo que se pasó a una siguiente ronda de evaluación.

#### 6.2.8.4 Fase de Mantenimiento y Operación

Desde la primera ronda en la fase de mantenimiento y operación, el indicador que presentó mayor importancia fue el indicador de “descarga de agua”. De este indicador se obtuvo una media de 4.09 una desviación estándar de 0.70 y un porcentaje de valoración de importancia del 81.82%.

Asimismo, en esta misma fase se obtuvo una media de 4,09, una desviación estándar de 0.83 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 72.73% para el indicador “residuos”.

De lo anterior se puede decir que los expertos consideran que en la fase de mantenimiento y operación se debe tener en cuenta la contaminación que se generará por la descarga de agua, y de igual forma la contaminación que serán generados por las actividades de mantenimiento y operación del edificio.

El indicador de operaciones internas y externas pasó a una segunda ronda, ya que en la primera ronda no se logró un consenso entre los expertos.

#### 6.2.9 Resultados de la Segunda Ronda

A continuación, se presentan algunos resultados estadísticos de indicadores económicos, sociales y ambientales de la segunda ronda. Asimismo, los demás resultados y gráficos estarán ubicados en los anexos.

### 6.2.9.1 Resultados Indicadores Económicos Ronda 2

**Tabla 32**

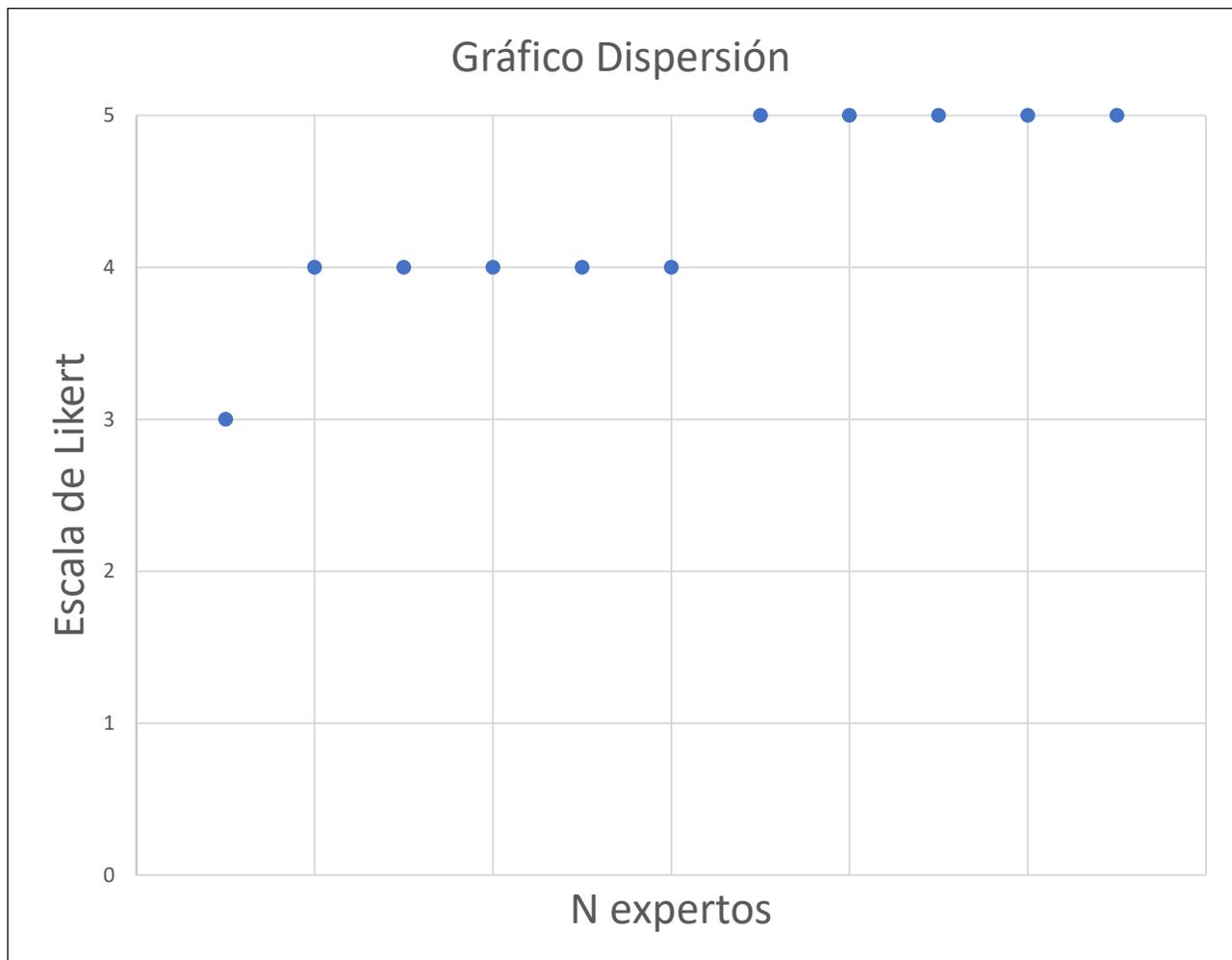
*Resumen Estadístico Indicador Financiamiento del Proyecto Ronda 2*

Recuento	11.00
Desviación Estándar	0.67
Varianza	0.45
Mínimo	3.00
Máximo	5.00
Rango	2.00
Media	4.36
Mediana	4.00
% respuesta > escala Likert (4)	90.91
% respuesta < escala Likert (4)	9.09

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 7**

*Gráfico de Dispersión Indicador Financiamiento del Proyecto Ronda 2*



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 33**

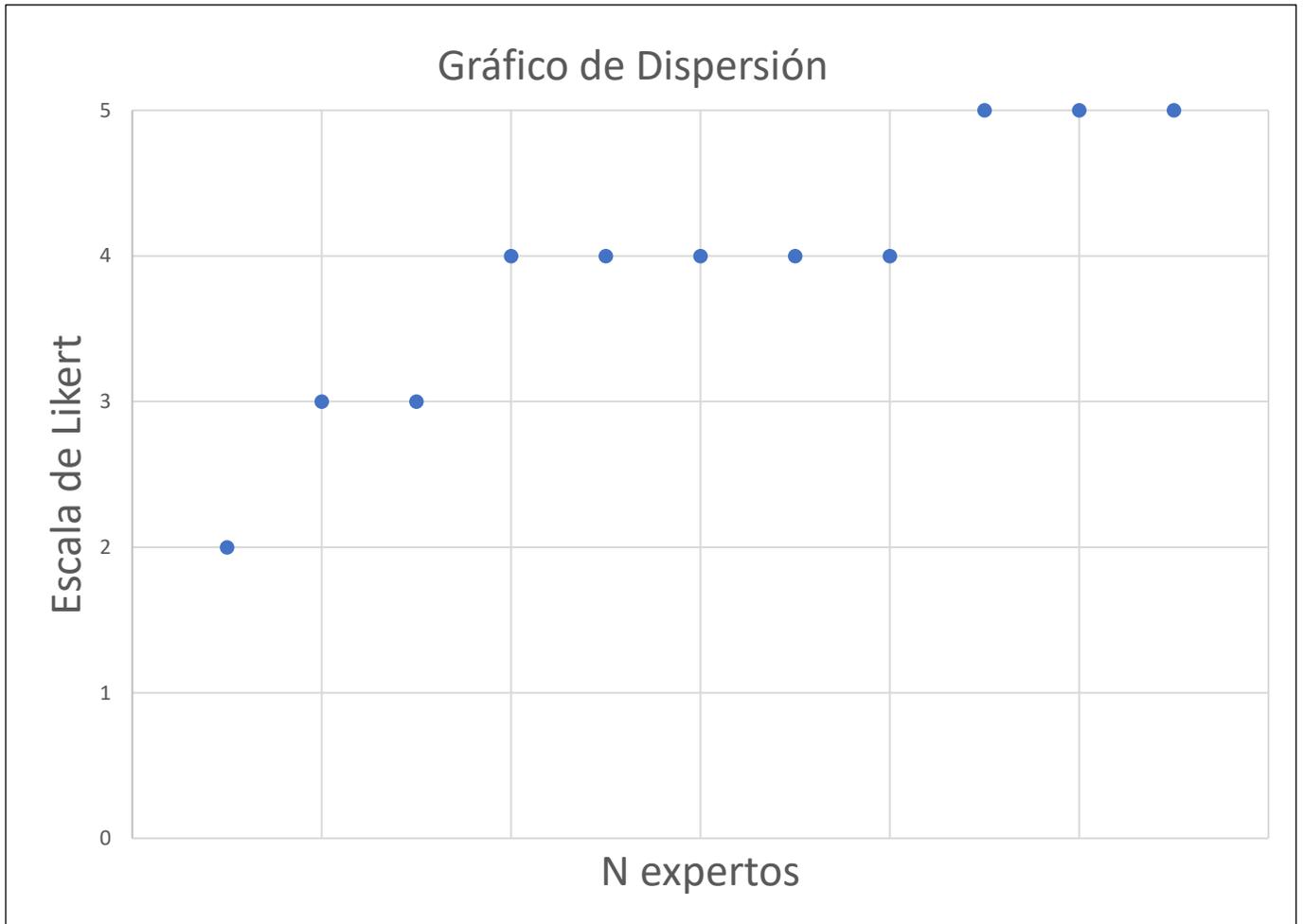
*Resumen Estadístico Indicador Contaminación del Aire Ronda 2*

Recuento	11.00
Desviación Estándar	0.94
Varianza	0.89
Mínimo	3.00
Máximo	5.00
Rango	2.00
Media	3.91
Mediana	4.00
% respuesta > escala Likert (4)	72.73
% respuesta < escala Likert (4)	27.27

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 8**

*Gráfico de Dispersión Indicador Costos de los Materiales Ronda 2*



Fuente: Elaboración Propia

### 6.2.9.2 Resultados Indicadores Sociales Ronda 2

**Tabla 34**

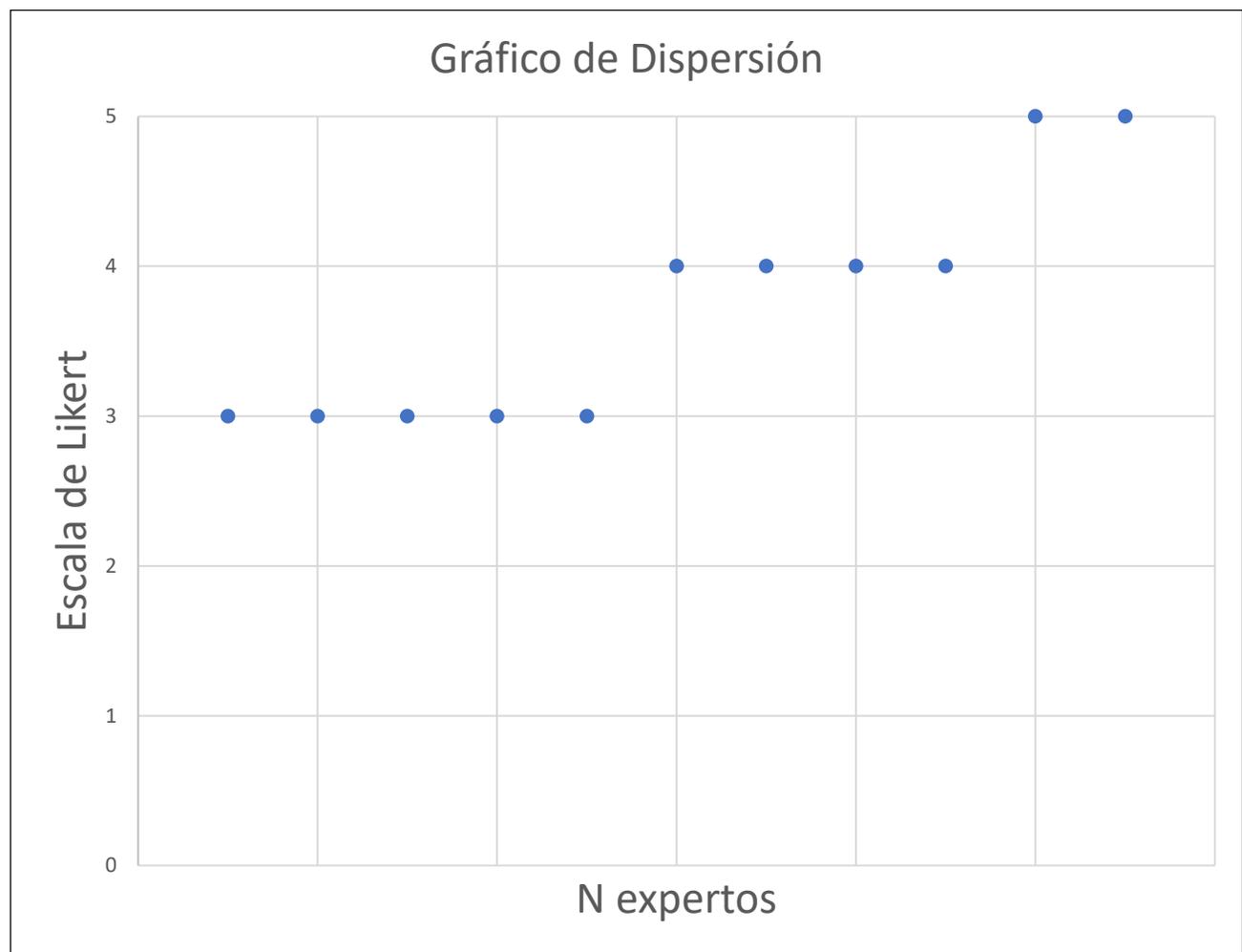
*Resumen Estadístico Confort Visual Ronda 2*

Recuento	11.00
Desviación Estándar	0.78
Varianza	0.61
Mínimo	3.00
Máximo	5.00
Rango	2.00
Media	3.73
Mediana	4.00
% de respuesta > escala Likert (4)	54.55
% de respuesta < escala Likert (4)	45.45

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 9**

*Gráfico de Dispersión Indicador Confort Visual Ronda 2*



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 35**

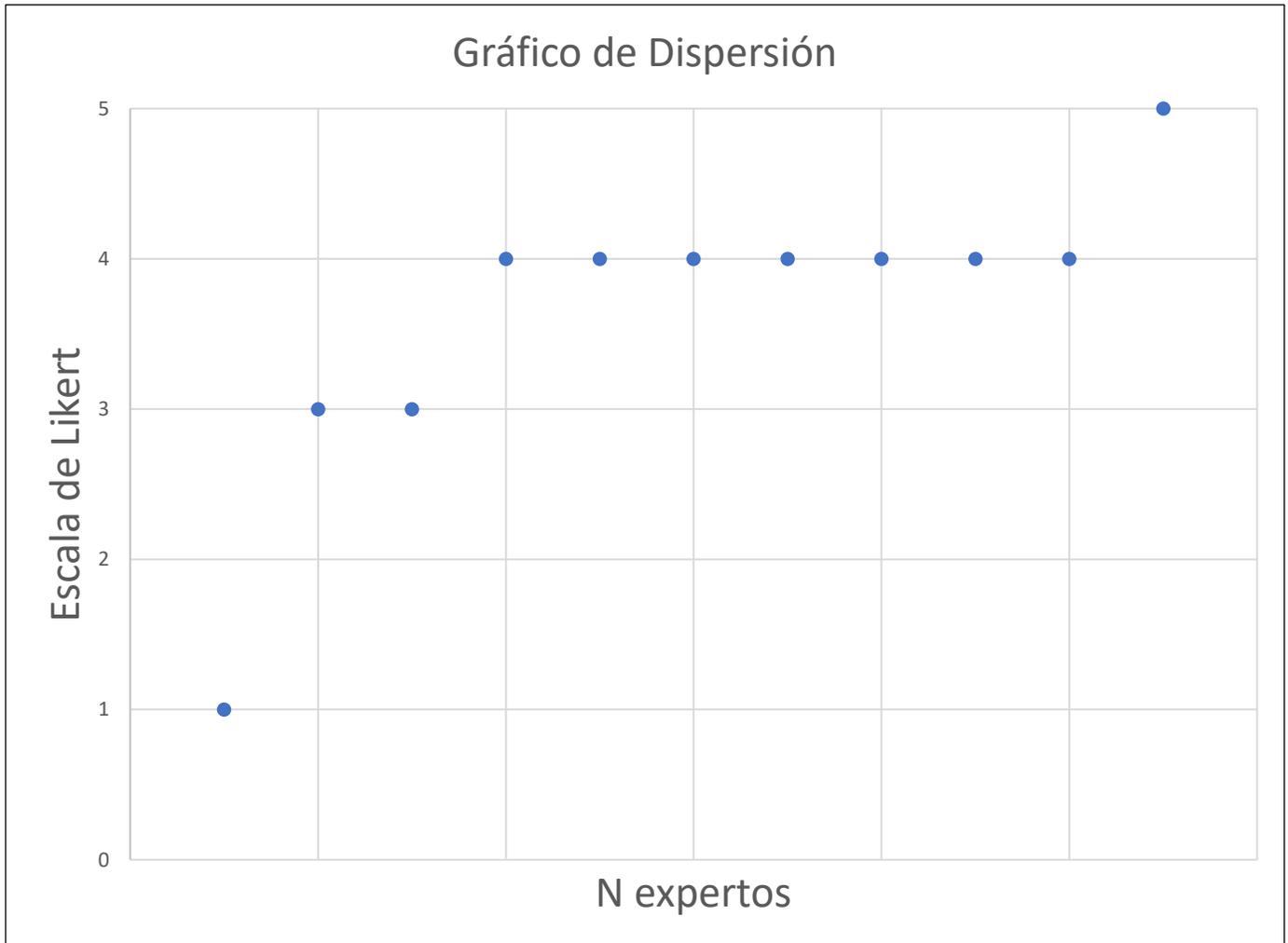
*Resumen Estadístico Indicador Accesibilidad Ronda 2*

Recuento	11.00
Desviación Estándar	1.03
Varianza	1.06
Mínimo	1.00
Máximo	5.00
Rango	4.00
Media	3.64
Mediana	4.00
% de respuesta > escala Likert (4)	72.73
% de respuesta < escala Likert (4)	27.27

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 10**

*Gráfico de Dispersión Indicador Accesibilidad Ronda 2*



Fuente: Elaboración Propia

### 6.2.9.3 Resultados Indicadores Ambientales Ronda 2

**Tabla 36**

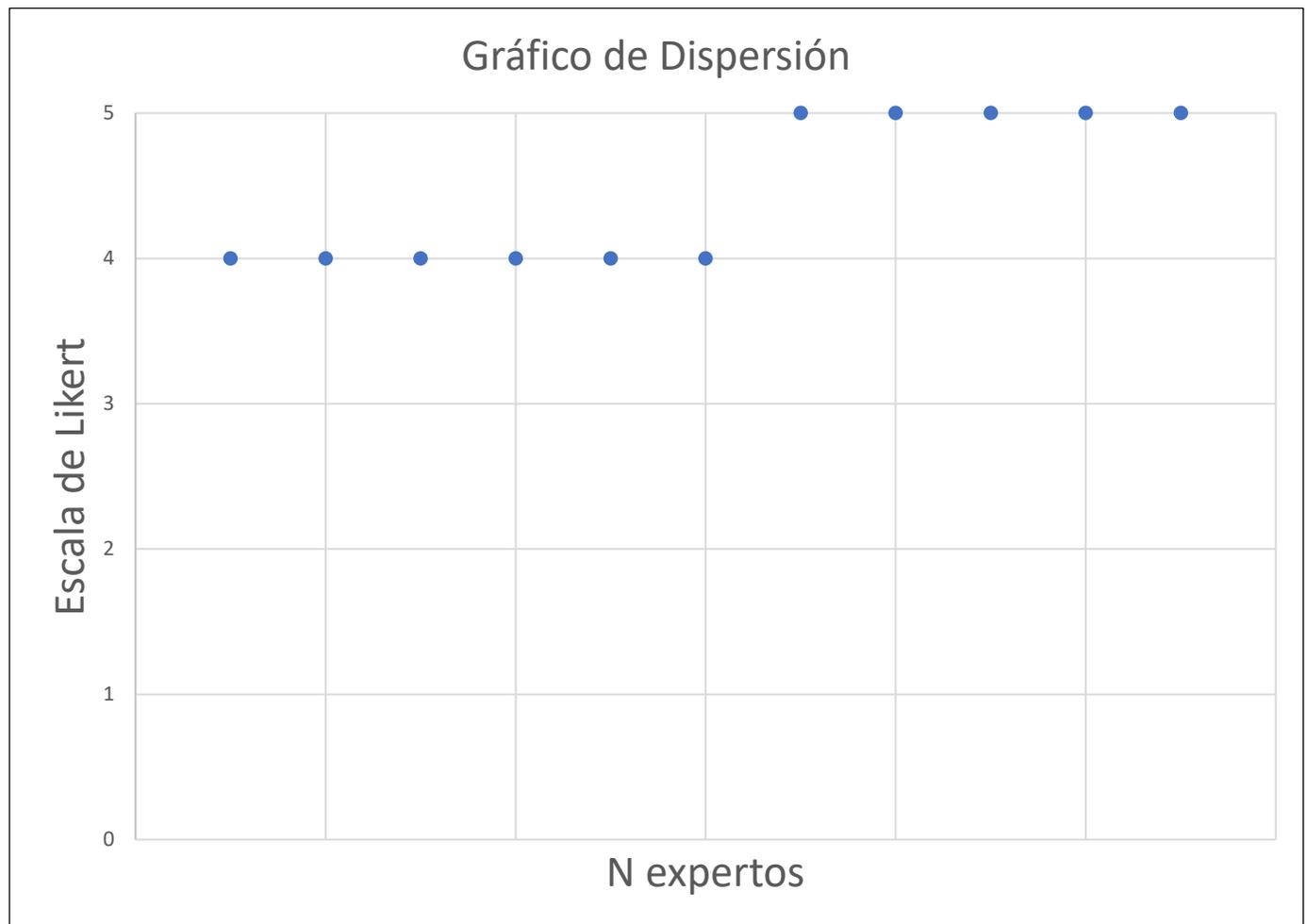
*Resumen Estadístico Indicador Contaminación Descarga de Agua Ronda 2*

Recuento	11.00
Desviación Estándar	0.52
Varianza	0.27
Mínimo	4.00
Máximo	5.00
Rango	1.00
Media	4.45
Mediana	4.00
% de respuesta > escala Likert (4)	100.00
% de respuesta < escala Likert (4)	0.00

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 11**

*Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación Descarga de Agua Ronda 2*



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 37**

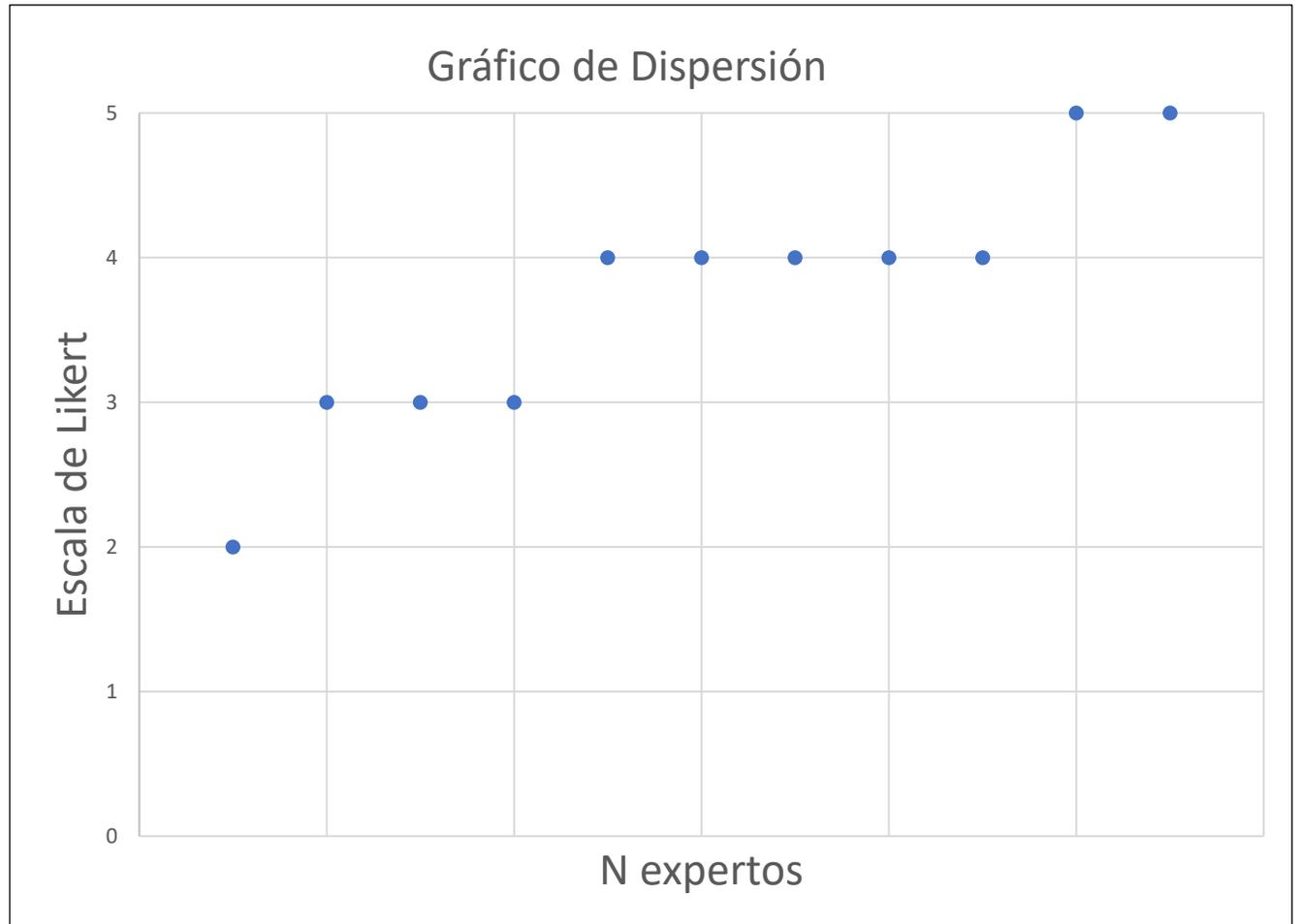
*Resumen Estadístico Indicador Contaminación del Ruido Ronda 2*

Recuento	11.00
Desviación Estándar	0.91
Varianza	0.82
Mínimo	2.00
Máximo	5.00
Rango	3.00
Media	3.73
Mediana	4.00
% de respuesta > escala Likert (4)	63.63
% de respuesta < escala Likert (4)	36.36

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 12**

*Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación del Ruido Ronda 2*



Fuente: Elaboración Propia

## 6.2.10 Tabla de Resumen Estadístico Indicadores Económicos Ronda 2

A continuación, se presenta un resumen estadístico de los resultados de la evaluación de los indicadores económicos de la segunda ronda.

**Tabla 38**

*Tabla Resumen Estadístico Indicadores Económicos Ronda 2*

Num	Fase	Indicador	Media	Desviación Estándar	Varianza	Valoración >4	Valoración <4
IEV3	Viabilidad	Financiamiento del Proyecto	4.36	0.67	0.45	90.91 %	9.09 %
IEC2	Construcción	Costo de los Materiales	3.91	0.94	0.89	72.73 %	27.27 %
IEMO1	Mantenimiento y Operación	Balance en las Operaciones	4.09	0.83	0.69	72.73 %	27.27 %
IEMO2	Mantenimiento y Operación	Costos de Entrenamiento	3.45	0.68	0.47	36.36 %	63.64 %
IEMO3	Mantenimiento y Operación	Mejoras en la Economía Local	3.82	0.60	0.36	72.73 %	27.27 %

Fuente: Elaboración Propia

## 6.2.11 Análisis de indicadores económicos de la Ronda 2

### 6.2.11.1 Fase de Viabilidad

En la segunda ronda, cabe señalar que se evaluó nuevamente el indicador “plan de financiamiento” y se obtuvo una media de 4,36 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 90.91 % según los expertos.

Según los expertos, lo mencionado en el párrafo anterior significa que el indicador “plan de financiamiento” tiene una importancia considerable, y este indicador debe ser incluido en las fases iniciales del proyecto, todo ello con el fin de que el proyecto sea más sostenible económicamente.

Los resultados de esta segunda ronda para el indicador “plan de financiamiento” concuerdan con lo mencionado en la investigación de (Enshassi et al., 2018) que indica que en las fases iniciales del proyecto será importante saber cuál es el plan para financiar el proyecto, y saber cómo, cuándo y cuánto se debe financiar el proyecto para ser más sostenible económicamente.

### 6.2.11.2 Fase de Construcción

En la segunda ronda, cabe señalar que se evaluó nuevamente el indicador “costo de materiales” y se obtuvo una media de 3,91 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 72.73% según los expertos.

Según los expertos, lo mencionado en el párrafo anterior significa que el indicador “costo de materiales” tiene cierta importancia, y este indicador debe ser incluido en la fase de construcción del proyecto, todo ello con el fin de que el proyecto sea más sostenible económicamente.

### 6.2.11.3 Fase de Mantenimiento y Operación

En la segunda ronda, cabe señalar que se evaluaron nuevamente los indicadores “balance en las operaciones”, “costos de entrenamiento” y “mejoras en la economía local”.

De esta segunda ronda, cabe señalar que el indicador “balance en las operaciones del proyecto” obtuvo una media de 4,09 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 72.73%. Asimismo, el indicador “mejoras en la economía local” obtuvo una media de 3.82 y un porcentaje de valoración de importancia de 72.73%.

Asimismo, de esta segunda ronda cabe destacar que el indicador “costes de entrenamiento” obtuvo una media de 3.45 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) de 36.36%.

De esta segunda ronda podemos decir que según los expertos es importante que, en las fases finales del proyecto se realice una evaluación y balance de las operaciones del proyecto para poder tener conclusiones de cómo ha resultado el proyecto, y determinar si hubo o no alguna mejora o beneficio para la economía local.

Asimismo, según los expertos, el indicador “costos de entrenamiento” al tener una valoración de baja importancia, no presenta importancia a la hora de ser más sostenible a nivel económico.

### 6.2.12 Tabla Resumen Estadístico Indicadores Sociales Ronda 2

A continuación, se presenta un resumen estadístico de los resultados de la evaluación de los indicadores sociales de la segunda ronda.

**Tabla 39**

*Resumen Estadístico Indicadores Sociales Ronda 2*

Num	Fase	Indicador	Media	Desviación Estándar	Varianza	Valoración >4	Valoración <4
ISV1	Viabilidad	Empleo	3.82	0.60	0.36	72.73 %	27.27 %
ISD1	Diseño	Confort Visual	3.73	0.78	0.61	54.55 %	45.45 %
ISD3	Diseño	Accesibilidad	3.64	1.02	1.05	72.73 %	27.27 %
ISC1	Construcción	Empleo Directo	3.73	0.90	0.81	63.64 %	36.36 %
ISC3	Construcción	Conciencia Ciudadana	3.91	1.04	1.09	63.64 %	36.36 %
ISMO1	Mantenimiento y Operación	Disposición de Servicios	3.91	0.70	0.49	72.73 %	27.27 %
ISMO2	Mantenimiento y Operación	Instalaciones	3.73	0.78	0.62	54.55 %	45.45 %

Fuente: Elaboración Propia

## 6.2.13 Análisis de indicadores sociales de la Ronda 2

### 6.2.13.1 Fase de Viabilidad

En la segunda ronda, cabe señalar que se evaluó nuevamente el indicador “empleo”, obteniendo una media de 3.82 y una valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 72.73.

De todo esto se puede decir que según los expertos es importante que en la fase de viabilidad busquemos generar empleos, todo esto buscando ser más sostenibles socialmente.

La valoración de la importancia de este indicador es consistente con lo mencionado por (Enshassi et al., 2018) que indica que es importante que la implementación del proyecto genere oportunidades de empleo a nivel local, para ser más sostenibles a nivel social.

### 6.2.13.2 Fase de Diseño

En la segunda ronda, cabe señalar que se evaluaron nuevamente los indicadores “confort visual” y “accesibilidad”.

De esta segunda ronda, se debe destacar que el indicador “accesibilidad” obtuvo una media de 3.64 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 72.73%. Asimismo, el indicador “confort visual” obtuvo una media de 3.73 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) de 54.55 %.

De lo mencionado en el párrafo anterior, se puede resaltar que según los expertos el indicador de “accesibilidad” es importante a nivel social para tener en cuenta en el diseño, y buscar garantizar, entre otras cosas, el acceso seguro al edificio por los habitantes.

Asimismo, del indicador “confort visual” se puede decir que según los expertos este indicador no es importante a la hora de ser más sostenible a nivel social.

### 6.2.13.3 Fase de Construcción

En la segunda ronda, cabe señalar que se evaluaron nuevamente los indicadores “empleo directo” y “conciencia ciudadana”.

De esta segunda ronda, se debe destacar que los indicadores “empleo directo” y “conciencia ciudadana” obtuvieron una media de 3.73 y 3.91 respectivamente. Asimismo, el porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) fue de 63.64% en ambos casos.

De lo mencionado anteriormente, se puede decir que, según los expertos, estos indicadores no son importantes a la hora de ser más sostenibles socialmente en la fase de construcción.

### 6.2.13.4 Fase de Mantenimiento y Operación

En la segunda ronda, cabe señalar que se evaluaron nuevamente los indicadores “disposición de servicios” e “instalaciones”.

De esta segunda ronda, se debe destacar que el indicador “disposición de servicios” obtuvo una media de 3.91 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 72.73%.

Asimismo, del indicador “instalaciones” obtuvo una media de 3.73 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 54.55%.

De lo mencionado anteriormente, se puede decir que, según los expertos es importante tener en cuenta en las fases finales del proyecto el indicador social “disposición de servicios”. Asimismo, esto concuerda con lo mencionado por (Shen et al., 2007) que indica que en las fases finales del proyecto, se debe tomar en consideración si se generó algún beneficio hacia la comunidad local, buscando mejorar el estándar de vida de la misma.

Del indicador “instalaciones”, se puede decir que, según los expertos, este indicador no presenta importancia a la hora de ser más sostenibles a nivel social en las fases finales del proyecto.

#### 6.2.14 Tabla Resumen Estadístico Indicadores Ambientales Ronda 2

A continuación, se presenta un resumen estadístico de los resultados de la evaluación de los indicadores ambientales de la segunda ronda.

**Tabla 40**

*Resumen Estadístico Indicadores Ambientales Ronda 2*

Num	Fase	Indicador	Media	Desviación Estándar	Varianza	Valoración >4	Valoración <4
IAV2	Viabilidad	Contaminación Agua	4.45	0.52	0.27	100.00 %	0.00 %
IAV3	Viabilidad	Contaminación Ruido	3.73	0.90	0.81	63.64 %	36.36 %
IAD3	Diseño	Diseño Modular	3.36	0.81	0.66	36.36 %	63.64 %
IAC3	Construcción	Contaminación Generación Residuos	3.91	0.54	0.29	81.82 %	18.18 %
IAC4	Construcción	Contenido Material Reciclable	3.91	0.54	0.29	81.82 %	18.18 %
IAC5	Construcción	Elementos Renovables	4.00	0.63	0.40	81.82 %	18.18 %
IAC6	Construcción	Legislación	3.82	0.60	0.36	72.73 %	27.27 %
IMOC3	Mantenimiento y Operación	Operaciones internas y externas	3.91	0.32	0.09	90.91 %	9.09 %

Fuente: Elaboración Propia

#### 6.2.15 Análisis de indicadores ambientales de la Ronda 2

##### 6.2.15.1 Fase de Viabilidad

En la segunda ronda, cabe señalar que fueron nuevamente evaluados los indicadores “contaminación de agua” y “contaminación de ruido”.

De esta segunda ronda, se debe destacar que el indicador “contaminación de agua” obtuvo una media de 4.45 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 100%. Asimismo, el indicador “contaminación de ruido” obtuvo una media de 3.73 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 63.64%.

De lo mencionado anteriormente, se puede decir que, según los expertos es importante tener en cuenta en las fases iniciales del proyecto el indicador de contaminación de agua. Todo esto concuerda con lo mencionado por (Enshassi et al., 2018) que indica en las fases iniciales se debe considerar evaluar la posible contaminación del agua que será generada en el proyecto.

Asimismo, del indicador “contaminación ruido”, se puede decir que, según los expertos, este indicador no presenta importancia a la hora de ser más sostenibles a nivel ambiental en las fases iniciales del proyecto.

#### 6.2.15.2 Fase de Diseño

En la segunda ronda, cabe señalar que fue nuevamente evaluado el indicador “diseño modular”. De este indicador se obtuvo una media de 3.36 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 36.36%.

De lo mencionado anteriormente, se puede decir que, según los expertos el indicador “diseño modular” no es importante a la hora de ser más sostenibles a nivel ambiental en la fase de diseño del proyecto.

#### 6.2.15.3 Fase de Construcción

En la segunda ronda, cabe señalar que fueron nuevamente evaluados los indicadores “contaminación por generación de residuos”, “contenido de material reciclable”, “elementos renovables” y “legislación”.

De esta segunda ronda, se debe destacar que el indicador “contaminación por generación de residuos” y “contenido de material reciclable” obtuvieron una media de 3.91 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 81.82%. Del indicador “elementos renovables” se obtuvo una media de 4.00 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 81.82%. Asimismo, el indicador “legislación” obtuvo una media de 3.82 y un porcentaje de valoración de importancia (>4 Escala de Likert) del 81.82%.

De lo anterior, se puede decir que, según los expertos, los indicadores evaluados en la fase de construcción, al presentar un alto porcentaje de valoración de importancia (81.81%) en la segunda ronda, deben ser tomados en cuenta en la búsqueda de ser más sostenibles a nivel ambiental.

#### 6.2.15.4 Fase de Mantenimiento y Operación

En la segunda ronda, se debe señalar que fue nuevamente evaluado el indicador “balance en las operaciones internas y externas”. De este indicador se obtuvo una media de 3.91 y un porcentaje de valoración de importancia (> 4 Escala de Likert) del 90.91%.

De esta segunda ronda, se debe destacar que, según los expertos el indicador “balance en las operaciones internas y externas”, al presentar un alto porcentaje de valoración de importancia 90.91%, debe ser tomado en cuenta en la fase de mantenimiento y operación para ser más sostenibles a nivel ambiental.

### 6.3 Propuesta de Indicadores de Sostenibilidad Económica, Social y Ambiental en el proceso de construcción de una vivienda de edificio residencial

#### 6.3.1 Indicadores de Sostenibilidad Económica

En este apartado, tras la evaluación de los expertos y aplicar la Metodología Delphi, se plantea una propuesta de indicadores de sostenibilidad económica.

**Tabla 41**

*Propuesta de Indicadores de Sostenibilidad Económica*

Numeración	Fase	Indicador	Criterio
IEV1	Viabilidad	Alcance	Rentabilidad del Proyecto
IEV2	Viabilidad	Presupuesto	Planificación y control de coste
IEV3	Viabilidad	Financiamiento	Como, cuando y cuanto financiar
IEV4	Viabilidad	Costo del Ciclo de Vida	Definición del costo del ciclo de vida teniendo en cuenta temas de preparación del sitio, construcción, operación, y costos de mantenimiento y operación.
IED1	Diseño	Estandarización	Estandarización de los planos del proyecto.
IED2	Diseño	Selección de los Materiales	Condiciones económicas para selección de los materiales en cuanto a durabilidad y disponibilidad.
IEC1	Construcción	Salarios	Pagos oportunos en función a salarios a los trabajadores.
IEC2	Construcción	Materiales	Consideración de los costos de los materiales a utilizar en el proyecto.
IEC3	Construcción	Energía	Consideración del costo de la energía empleada.
IEC4	Construcción	Seguridad en la Obra	Consideración del costo del empleo de medidas de seguridad en la obra.
IEMO1	Mantenimiento y Operación	Balance en las Operaciones	Realización de un balance para evaluar el proyecto.
IEMO3	Mantenimiento y Operación	Mejoras en la economía local	Mejorías en la economía local con la implementación del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia.

### 6.3.2 Indicadores de Sostenibilidad Social

En este apartado, tras la evaluación de los expertos y aplicar la Metodología Delphi, se plantea una propuesta de indicadores de sostenibilidad social.

**Tabla 42**

*Propuesta de Indicadores de Sostenibilidad Social*

<b>Numeración</b>	<b>Fase</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
ISV1	Viabilidad	Empleo	Generación de empleo durante las fases iniciales del proyecto.
ISV3	Viabilidad	Salud y Seguridad Ocupacional	Identificación de riesgos que se puedan presentar en el futuro en el proyecto.
ISD2	Diseño	Calidad Ambiente	Consideración que exista una ventilación con entrada natural y en zonas húmedas una extracción mecánica.
ISD3	Diseño	Accesibilidad	Consideración que exista un acceso seguro a la edificación por parte de los habitantes.
ISC2	Construcción	Condiciones Laborales	Consideración de la aplicación de medidas de seguridad en la obra y la posibilidad de ofrecer algún tipo de seguro a los trabajadores.
ISMO1	Mantenimiento y Operación	Disposición de Servicios	Consideración de generar beneficios para mejorar el estándar de vida de las comunidades.

Fuente: Elaboración Propia

### 6.3.3 Indicadores de Sostenibilidad Ambiental

En este apartado, tras la evaluación de los expertos y aplicar la Metodología Delphi, se plantea una propuesta de indicadores de sostenibilidad ambiental.

**Tabla 43**

*Propuesta de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental*

<b>Numeración</b>	<b>Fase</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
IAV1	Viabilidad	Aire	Consideración de una evaluación de la posible contaminación del aire generada por el proyecto y su impacto en el clima local.
IAV2	Viabilidad	Agua	Consideración de la evaluación de la posible contaminación del agua generada por el proyecto y también la que será consumida.
IAV4	Viabilidad	Residuos	Consideración de llevar a cabo un estudio de la posible contaminación generada por los residuos en el proyecto.
IAD1	Diseño	Diseño del Ciclo de Vida del Proyecto	Consideración de emplear comunicaciones efectivas entre diseñadores, clientes y profesionales medioambientales para cumplir con requisitos.
IAD2	Diseño	Diseño Ambientalmente Consciente	Consideración en la fase de diseño emplear los requisitos medioambientales.
IAC1	Construcción	Aire	Consideración de la reducción de emisiones de aire tanto de CO2 como de otros gases contaminantes.
IAC2	Construcción	Ruido	Consideración de la reducción de la acción del ruido ocasionado por la construcción.

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 44***Continuación Tabla 43*

<b>Numeración</b>	<b>Fase</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>
IAC3	Construcción	Residuos	Consideración de tomar en cuenta las medidas aplicadas en la fase de diseño para reducir los residuos generados.
IAC4	Construcción	Contenido Material Reciclable	Consideración de la utilización de materiales reciclables en la fase de construcción.
IAC5	Construcción	Elementos Renovables	Consideración de la utilización de materiales reutilizables del proyecto en la fase de construcción.
IAC6	Construcción	Legislación	Consideración de la aplicación de leyes y normas medioambientales.
IAMO1	Mantenimiento y Operación	Descarga de Agua	Consideración de la contaminación ocasionada por la descarga de agua de diferentes residuos químicos y orgánicos.
IAMO2	Mantenimiento y Operación	Residuos	Consideración de llevar a cabo actividades para reducir la generación de residuos en la fase de mantenimiento y operación.
IAMO3	Mantenimiento y Operación	Operaciones internas y externas	Consideración de controlar el impacto ambiental de las actividades de mantenimiento.

Fuente: Elaboración Propia

#### 6.4 Propuesta de inclusión de Indicadores de Sostenibilidad en la Fase del Ciclo de Vida de un proyecto de edificios de viviendas residenciales

A continuación, se presenta el listado completo de indicadores de sostenibilidad en la fase del ciclo de vida de un proyecto de edificios de viviendas residenciales, tomando como referencia los resultados de la Metodología Delphi.

**Tabla 45**

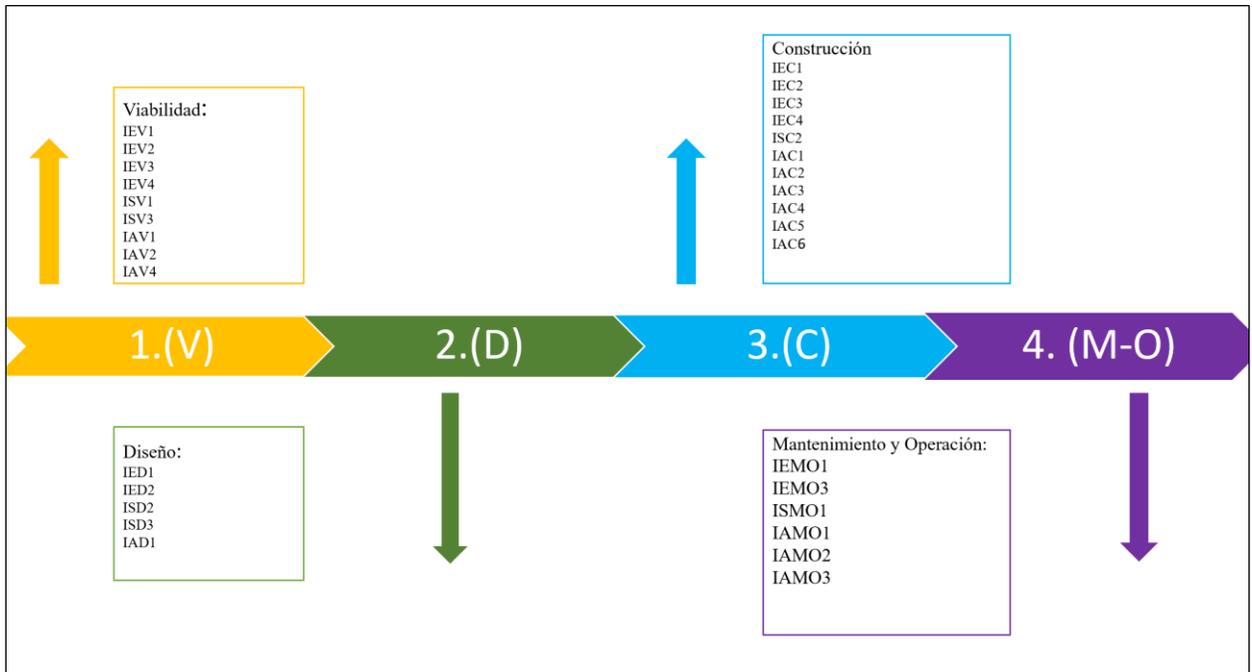
*Propuesta de inclusión de Indicadores de Sostenibilidad*

Numeración	Viabilidad	Diseño	Construcción	Mantenimiento-Operación
IEV1	X	-	-	-
IEV2	X	-	-	-
IEV3	X	-	-	-
IEV4	X	-	-	-
IED1	-	X	-	-
IED2	-	X	-	-
IEC1	-	-	X	-
IEC2	-	-	X	-
IEC3	-	-	X	-
IEC4	-	-	X	-
IEMO1	-	-	-	X
IEMO3	-	-	-	X
ISV1	X	-	-	-
ISV3	X	-	-	-
ISD2	-	X	-	-
ISD3	-	X	-	-
ISC2	-	-	X	-
ISMO1	-	-	-	X
IAV1	X	-	-	-
IAV2	X	-	-	-
IAV4	X	-	-	-
IAD1	-	X	-	-
IAD2	-	X	-	-
IAC1	-	-	X	-
IAC2	-	-	X	-
IAC3	-	-	X	-
IAC4	-	-	X	-
IAC5	-	-	X	-
IAC6	-	-	X	-
IAMO1	-	-	-	X
IAMO2	-	-	-	X
IAMO3	-	-	-	X

Fuente: Elaboración Propia

## Ilustración 4

### Propuesta de Indicadores Sostenibles en el Ciclo de Vida de Proyecto de Edificio de Viviendas Residenciales



Fuente: Elaboración Propia

## 6.5 Ranking de Importancia de Indicadores Sostenibles de un proyecto de edificios de viviendas residenciales

A continuación, se presenta un ranking de importancia de los indicadores sostenibles de un proyecto de edificios de viviendas residenciales. Todo esto tomando como referencia a la evaluación de los expertos mediante la Metodología Delphi.

Como referencia para determinar el Índice de Importancia Relativa, se empleó la investigación de (Doloi et al., 2012). Donde en esta investigación aparte de utilizar la media y la desviación estándar para el análisis de los resultados, se empleó la utilización de un ranking de importancia relativa.

La fórmula aplicada en la investigación de (Doloi et al., 2012), fue la siguiente:

$$RII \text{ (Índice de Importancia Relativa): } RII = \frac{\sum W}{A * N} \quad (1)$$

Donde,

- W es el peso de cada ponderación de cada participante.
- A es el puntaje máximo al que se puede puntuar en la evaluación.
- N es el número de expertos.

La ecuación (1) llevado a la investigación, se aplicaría de la siguiente manera:

- W es la sumatoria del peso de cada ponderación de cada experto.
- A es la puntuación más alta en la evaluación, en este caso el valor más alto de la escala de Likert (5).
- N es el número de expertos que en este caso es 11 expertos.

### 6.5.1 Indicadores Económicos

**Tabla 46**

*Ranking de importancia de indicadores económicos*

<b>Numeración</b>	<b>A</b>	<b>N</b>	<b>W</b>	<b>RII</b>	<b>Ranking</b>
IEV1	5.00	11.00	42.00	0.76	10
IEV2	5.00	11.00	47.00	0.85	5
IEV3	5.00	11.00	48.00	0.87	2
IEV4	5.00	11.00	49.00	0.89	1
IED1	5.00	11.00	41.00	0.75	12
IED2	5.00	11.00	47.00	0.85	4
IEC1	5.00	11.00	44.00	0.80	8
IEC2	5.00	11.00	43.00	0.78	9
IEC3	5.00	11.00	45.00	0.82	6
IEC4	5.00	11.00	48.00	0.87	3
IEMO1	5.00	11.00	45.00	0.82	7
IEMO3	5.00	11.00	42.00	0.76	11

Fuentes: Elaboración Propia

### 6.5.2 Indicadores Sociales

**Tabla 47**

*Ranking de importancia de indicadores sociales*

<b>Numeración</b>	<b>A</b>	<b>N</b>	<b>W</b>	<b>RII</b>	<b>Ranking</b>
ISV1	5.00	11.00	42.00	0.76	5
ISV3	5.00	11.00	43.00	0.65	2
ISD2	5.00	11.00	43.00	0.78	3
ISD3	5.00	11.00	40.00	0.75	6
ISC2	5.00	11.00	46.00	0.78	1
ISMO1	5.00	11.00	43.00	0.73	4

Fuentes: Elaboración Propia

### 6.5.3 Indicadores Ambientales

**Tabla 48**

*Ranking de importancia de indicadores ambientales*

<b>Numeración</b>	<b>A</b>	<b>N</b>	<b>W</b>	<b>RII</b>	<b>Ranking</b>
IAV1	5.00	11.00	43.00	0.78	12
IAV2	5.00	11.00	49.00	0.89	1
IAV4	5.00	11.00	44.00	0.80	7
IAD1	5.00	11.00	45.00	0.82	2
IAD2	5.00	11.00	44.00	0.80	6
IAC1	5.00	11.00	45.00	0.82	5
IAC2	5.00	11.00	43.00	0.78	13
IAC3	5.00	11.00	43.00	0.78	10
IAC4	5.00	11.00	43.00	0.78	11
IAC5	5.00	11.00	44.00	0.80	8
IAC6	5.00	11.00	42.00	0.76	14
IAMO1	5.00	11.00	45.00	0.82	3
IAMO2	5.00	11.00	45.00	0.82	4
IAMO3	5.00	11.00	43.00	0.78	9

Fuentes: Elaboración Propia

## 7 CONCLUSIONES

En este capítulo, a partir del desarrollo y análisis de los resultados, se presenta el cumplimiento de los objetivos, las principales contribuciones de la investigación, recomendaciones, limitaciones y futuras líneas de investigación.

### 7.1 Cumplimiento de los Objetivos

Las principales conclusiones de cada uno de los objetivos planteados se exponen a continuación:

- Establecer una serie de indicadores que influyan en la sostenibilidad durante el ciclo de vida del proyecto de edificios de viviendas residenciales.
  - 1) A partir de la revisión de investigaciones y artículos de otros autores, fue posible identificar un total de 40 indicadores que inciden en la sostenibilidad durante el ciclo de vida de un proyecto de edificio de vivienda residencial.
  - 2) La literatura aún es limitada en investigaciones sobre indicadores sostenibles en el ciclo de vida de edificios de viviendas residenciales.
  - 3) La literatura ha tenido un pequeño avance en cuanto a investigaciones de indicadores ambientales, pero aún es limitada en cuanto a indicadores sociales y económicos en proyectos de edificios de viviendas residenciales.
- Clasificar y elaborar un listado de indicadores sostenibles y separarlos en las fases del ciclo de vida del proyecto.
  - 1) A partir de la revisión de investigaciones de otros autores, fue posible identificar un total de 13 indicadores económicos, 11 indicadores sociales y 16 indicadores ambientales que inciden en la sostenibilidad durante el ciclo de vida de un proyecto de edificio de vivienda residencial.
  - 2) De los 13 indicadores económicos, se separaron en las fases del ciclo de vida del proyecto de la siguiente manera: 4 indicadores para la fase de viabilidad, 2 indicadores para la fase de diseño, 4 indicadores para la fase de construcción y 3 indicadores para la fase de mantenimiento y operación.
  - 3) De los 11 indicadores sociales, se separaron en las fases del ciclo de vida del proyecto de la siguiente manera: 3 indicadores para la fase de viabilidad, 3 indicadores para la fase de diseño, 3 indicadores para la fase de construcción y 2 indicadores para la fase de mantenimiento y operación.
  - 4) De los 16 indicadores ambientales, se separaron en las fases del ciclo de vida del proyecto de la siguiente manera: 4 indicadores para la fase de viabilidad, 3 indicadores para la fase

de diseño, 6 indicadores para la fase de construcción y 3 indicadores para la fase de mantenimiento y operación.

- Aplicar mediante un juicio de expertos una evaluación de importancia de los indicadores sostenibles planteados.
  - 1) De los 13 indicadores económicos evaluados mediante el juicio de expertos y la metodología Delphi, obtuvieron un puntaje de la Escala de Likert entre 4 -5, de importante y muy importante, un total de 12 indicadores.
  - 2) De los 11 indicadores sociales evaluados mediante el juicio de expertos y la metodología Delphi, obtuvieron un puntaje de la Escala de Likert entre 4-5, de importante y muy importante, un total de 6 indicadores.
  - 3) De los 16 indicadores ambientales evaluados mediante el juicio de expertos y la metodología Delphi, obtuvieron un puntaje de la Escala de Likert entre 4-5, de importante y muy importante, un total de 14 indicadores.
- Proponer un listado de importancia de los indicadores sostenibles estudiados mediante la aplicación del índice de importancia.
  - 1) El indicador económico en la fase de viabilidad que presentó mayor importancia luego del juicio de expertos y la determinación del índice de importancia fue el indicador costo del ciclo de vida del proyecto.
  - 2) El indicador económico en la fase de diseño que presentó mayor importancia luego del juicio de expertos y la determinación del índice de importancia fue el indicador de selección de los materiales.
  - 3) El indicador económico en la fase de construcción que presentó mayor importancia luego del juicio de expertos y la determinación del índice de importancia fue el indicador de costo de seguridad en la obra.
  - 4) El indicador económico en la fase de mantenimiento y operación que presentó mayor importancia luego del juicio de expertos y la determinación del índice de importancia fue el indicador de balance en las operaciones del proyecto.
  - 5) Los indicadores económicos que presentaron mayor importancia durante el ciclo de vida del proyecto de edificio de vivienda residencial fueron los siguientes indicadores: costo del

ciclo de vida, financiamiento, costo de seguridad en la obra, selección de materiales y presupuesto del proyecto.

- 6) En la fase de viabilidad es donde se debe hacer mayor énfasis en los indicadores económicos para alcanzar la sostenibilidad del proyecto de edificio de vivienda residencial.
- 7) El indicador social en la fase de viabilidad que presentó mayor importancia luego del juicio de expertos y la determinación del índice de importancia fue el indicador de salud y seguridad ocupacional.
- 8) El indicador social en la fase de diseño que presentó mayor importancia luego del juicio de expertos y la determinación del índice de importancia fue el indicador de calidad del ambiente del edificio.
- 9) El indicador social en la fase de construcción que presentó mayor importancia luego del juicio de expertos y la determinación del índice de importancia fue el indicador de condiciones laborales.
- 10) El indicador social en fase de mantenimiento y operación que presento mayor importancia luego del juicio de expertos y la determinación del índice de importancia fue el indicador de disposición de servicios.
- 11) Los indicadores sociales que presentaron mayor importancia durante el ciclo de vida del proyecto de edificio de vivienda residencial fueron los siguientes indicadores: condiciones laborales, calidad de ambiente, empleo, accesibilidad y disposición de servicios.
- 12) En la fase de diseño es donde se debe hacer mayor énfasis en los indicadores sociales para alcanzar la sostenibilidad del proyecto de edificio de vivienda residencial.
- 13) El indicador ambiental en la fase de viabilidad que presentó mayor importancia luego del juicio de expertos y la determinación del índice de importancia fue el indicador de agua.
- 14) El indicador ambiental en la fase de diseño que presentó mayor importancia luego del juicio de expertos y la determinación del índice de importancia fue el indicador de diseño del ciclo de vida del proyecto.
- 15) El indicador ambiental en la fase de construcción que presentó mayor importancia luego del juicio de expertos y la determinación del índice de importancia fue el indicador de aire.

16) El indicador ambiental en la fase de mantenimiento y operación que presentó mayor importancia luego del juicio de expertos y la determinación del índice de importancia fue el indicador de agua.

17) Los indicadores ambientales que presentaron mayor importancia durante el ciclo de vida del proyecto de edificio de vivienda residencial fueron los siguientes indicadores: contaminación de agua, diseño del ciclo de vida, descarga de agua, residuos y aire.

## **7.2 Contribuciones de la Investigación**

Esta investigación tendrá como aporte el analizar la raíz teórica de los indicadores tanto sociales, como ambientales y económicos para buscar conectarlos con las fases del ciclo de vida de proyectos de edificios de viviendas residenciales. Todo esto para lograr alcanzar un sector que sea un poco más amigable con el medio ambiente, buscando mejorar la calidad de vida de los habitantes, fortaleciendo la economía del país, bajo ciertos parámetros de calidad total.

Asimismo, esta investigación buscará beneficiar al sector de edificios de viviendas residenciales y a todo su ámbito, ya que se tendrá un listado de importancia de indicadores sostenibles, la cual podrá ser utilizado por todas las partes interesadas del proyecto al momento de enfrentarse a un proyecto de edificación residencial y querer estar un poco más cerca de la sostenibilidad deseada.

## **7.3 Recomendaciones**

El presente trabajo de fin de máster tuvo como objetivo principal analizar la importancia de indicadores sostenibles en la construcción de proyectos de edificios de viviendas residenciales durante las fases del ciclo de vida del proyecto en España. De esta investigación se establecen las siguientes recomendaciones prácticas para el sector de edificios de viviendas residenciales:

1. Para lograr la sostenibilidad, se recomienda a las partes interesadas considerar la inclusión de indicadores económicos, sociales y ambientales en la construcción de proyectos de edificios de viviendas residenciales y en todas las fases del ciclo de vida del proyecto.
2. Se recomienda que las partes interesadas enfatizen en la inclusión de los siguientes indicadores en la fase de viabilidad: costo del ciclo de vida del proyecto (económico), empleo (social) y contaminación potencial del agua (ambiental), para ser más sustentables en la industria.
3. Se recomienda que las partes interesadas enfatizen en la inclusión de los siguientes indicadores en la fase de diseño: selección de materiales (económico), calidad del medio ambiente (social) y diseño del ciclo de vida (ambiental), para ser más sustentables en la industria.

4. Se recomienda que las partes interesadas enfatizen en la inclusión de los siguientes indicadores en la fase de construcción: costo de seguridad en obra (económico), condiciones laborales (social) y posible contaminación del aire (ambiental), para ser más sustentables en la industria.
5. Se recomienda que las partes interesadas enfatizen en la inclusión de los siguientes indicadores en la fase de mantenimiento y operación: balance en las operaciones del proyecto (económico), disposición de servicios para la comunidad (social) y posible contaminación de la descarga de agua (ambiental), para ser más sustentables en la industria.

#### **7.4 Limitaciones**

Como limitante principal de la investigación se tuvo que los indicadores sostenibles tanto económicos, como sociales y ambientales corresponden a la fases de viabilidad, diseño, construcción, y mantenimiento y operación, dejando a un lado en esta investigación a la fase de demolición.

Otra limitación está asociada al tema metodológico, donde la validación de los indicadores planteados trato de ser con expertos heterogéneos, sin embargo, el número de expertos fue reducido.

#### **7.5 Futuras Líneas de Investigación**

Del desarrollo de la presente investigación se han descubierto futuras líneas de investigación a través de las cuales que se puede profundizar y ampliar el alcance de la investigación, dichas líneas se exponen a continuación:

- Ampliar la investigación a otro tipo de edificación comercial, terciario, industrial u obras públicas.
- Ampliar el alcance de la investigación incorporando la fase de demolición en el ciclo de vida del proyecto.
- Profundizar de manera focalizada en cada uno de los indicadores que presentan mayor importancia, en alcanzar la sostenibilidad en el sector de edificios de viviendas residenciales.
- Profundizar de manera focalizada en cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto.
- Realizar este mismo tipo de investigación, pero incorporando otros indicadores sostenibles al estudio.

## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alavedra, P., Domínguez, J., Gonzalo, E., & Serra, J. (1997). La construcción sostenible: el estado de la cuestión. *Informes de La Construcción*, 49(451), 41–47. <https://doi.org/10.3989/ic.1997.v49.i451.936>
- Andrade Rhor, D. C. (2019). *Propuesta de mejora para la inclusión de criterios sociales y medioambientales en el proceso de contratación de obra pública para la República del Ecuador*. 177. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/123424>
- Arriols, E. (2018). *Qué es la sostenibilidad ambiental y social*. <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-sostenibilidad-ambiental-y-social-1070.html>
- Bal, M., Bryde, D., Fearon, D., & Ochieng, E. (2013). *Stakeholder Engagement: Achieving Sustainability in the Construction Sector*. *Sustainability*, 695–710. <https://doi.org/10.3390/su5020695>
- Beckwith, P., Farrington, L., Ainsworth, A., Fox, J., Napier, L., Ball, S., Steadman, R., Edmond, G., & Tomlinson, P. (2011). *The Assessment and Awards Scheme for improving Part 1 : Maintenance*.
- Bendaña, R., Del Caño, A., & De la Cruz, M. (2008). Contractor selection: Fuzzy-control approach. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 35(5), 473–486. <https://doi.org/10.1139/L07-127>
- BREEAM. (2020). *BREEAM ES VIVIENDA 2020 - Manual técnico*. <https://breeam.es/manuales-tecnicos/#286-289-wpfd-breeam-es-vivienda>
- Calle, L. R., & Cifuentes, M. D. (2019). *Propuesta Metodológica para la Evaluación de la Sostenibilidad en Edificaciones ubicadas en las Áreas de Expansión Urbana de la ciudad de Riobamba*. Universidad Nacional del Chimborazo.
- Casado, N. (1996). Edificios de Alta Calidad Ambiental. *Ibérica , Alta Tecnología*.
- Chan, A., Yung, E., Lam, P., Tam, C., & Cheung, S. (2001). Application of Delphi method in selection of procurement systems for construction projects. *Construction Management and Economics*, 19(7), 699–718. <https://doi.org/10.1080/01446190110066128>
- Chong, H., & Zin, R. (2010). Application of the Delphi into Construction Law Research. *The International Journal of Interdisciplinary Social Sciences*, 5(1), 200–206.
- Cohen, S., Bose, S., Gao, D., Miller, A., DeFrancia, K., Berger, O., Filiatraut, B., Loman, M., Qiu, W., & Zhang, C. (2014). *The Growth of Sustainability Metrics: Sustainability Metrics White Paper 1 of 3*. May, 1–16. <https://academiccommons.columbia.edu/doi/10.7916/D8ZP4FQX/download>
- Doloi, H., Sawhney, A., Iyer, K. C., & Rentala, S. (2012). Analysing factors affecting delays in Indian construction projects. *International Journal of Project Management*, 30(4), 479–489. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.10.004>
- Enshassi, A., Ghoul, H. Al, & AlKilani, S. (2018). Exploración de los factores de desarrollo sostenible durante las fases del ciclo de vida de los proyectos de construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 33(1), 51–68. <https://doi.org/10.4067/s0718->

50732018000100051

- España Green Building Council. (n.d.). *Certificación Verde*. <https://gbce.es/certificacion-verde/>
- Feret, B., & Marcinek, M. (2005). The future of the Academic Library and the Academic Librarian: A Delphi study reloaded. *New Review of Information Networking*, 11(1), 37–63. <https://doi.org/10.1080/13614570500268381>
- Galindo, C., & Orozco, W. (2018). *Propuesta metodológica para la gestión de proyectos sostenibles de edificaciones en Colombia* [Universida de la Salle]. [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil)
- Galindo, L. (2018). *Modelo de gestión de dirección facultativa en colombia*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.
- García, J. ., Alvarado, A., Blanco, J., Maldonado, A., Jimenez, E., & Saenz, J. (2015). The Impact of Demand and Supplier on Wine’s Supply Chain Performance. *Journal of Food Process Engineering*. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12257>
- García, M. J. (2015). La Cuenta del Triple Resultado o Triple Bottom Line. *Revista de Contabilidad y Dirección*, 20, 65–77.
- García, M., & Rabadán, J. (2000). La Evolución del Concepto de Sostenibilidad y su Introducción en la Enseñanza. *Enseñanzas de Las Ciencias*, 18(3), 473–486.
- Giglo, N. (1987). Política, Sostenibilidad Ambiental y Evaluación Patrimonial. *Pensamiento Iberoamericano, Madrid, ICI-CEPAL*.
- Guerrero, I. A. (2017). *Indicadores Sustentables en la Planificación de Construcción de Edificaciones*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD.
- Gunhan, S., & Arditi, D. (2005). Factors Affecting International Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(3), 273–282. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131)
- Hallowell, M., & Gambatese, J. (2010). Qualitative research: Application of the delphi method to CEM research. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(1), 99–107. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000137](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000137)
- Hughes, R. (2003). Definitions for public health nutrition: a developing consensus. *Public Health Nutrition*, 6(6), 615–620. <https://doi.org/10.1079/phn2003487>
- Karlsen, J. T., Græe, K., & Massaad, M. J. (2008). *Building trust in project-stakeholder relationships*. 3(1), 7–22. <https://doi.org/10.1108/17465260810844239>
- Ketkar, S., Kock, N., Parente, R., & Verville, J. (2012). The impact of individualism on buyer – supplier relationship norms , trust and market performance : An analysis of data from Brazil and the U . S . A . *International Business Review*, 21(5), 782–793. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2011.09.003>
- Khalfan, M. M. A., Bouchlaghem, D. M., Anumba, C. J., & Carrillo, P. M. (2002). A Framework for Managing Sustainability Knowledge-The C-SAND Approach. *Proceedings of the European Conference on Information and Communication Technology Advances and*

- Innovation in the Knowledge Society (ESM@ RT Conference), November, 112–122.*
- Kibert, C. J. (2003). Sustainable Construction at the Start of the 21st Century. *Int. E-Journal Constr*, 1–7.
- Lanting, R. (1996). Sustainable Construction in the Netherlands - a perspective to the year 2010. *Working Paper for CIB W82 Future Studies in Construction. TNO Bouw Publication Number 96-BKR-P007.*
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental., Pub. L. No. 296 de 11 de diciembre 2013, 1 (2017).
- Lucko, G., & Rojas, E. (2010). *Research Validation : Challenges and Opportunities in the Construction Domain*. 136(1), 127–135. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000025](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000025)
- Maldonado, S. M. (2012). Manual Práctico Para El Diseño De La Escala Likert. *Xihmai*, 2(4), 6–8. <https://doi.org/10.37646/xihmai.v2i4.101>
- Martino, J. P. (1984). *Tecnological Forecasting For Decision Making* (Third Edit).
- Miller, G. (2001). The development of indicators for sustainable tourism: Results of a Delphi survey of tourism researchers. *Tourism Management*, 22(4), 351–362. [https://doi.org/10.1016/S0261-5177\(00\)00067-4](https://doi.org/10.1016/S0261-5177(00)00067-4)
- Mitchell, V. -W., & McGoldrick, P. J. (1994). The Role of Geodemographics in Segmenting and Targeting Consumer Markets. *European Journal of Marketing*, 28(5), 54–72. <https://doi.org/10.1108/03090569410062032>
- Monterotti, C. (2011). *Análisis y Propuesta sobre la Contribución de las Herramientas de Evaluación de la Sostenibilidad de los Edificios a su Eficiencia Ambiental*. Universidad Politécnica de Catalunya.
- Mullen, P. M. (2003). Delphi: Myths and reality. *Journal of Health Organization and Management*, 17(1), 37–52. <https://doi.org/10.1108/14777260310469319>
- National Quality Assurance. (2016). *Interested Parties: How to define and manage them/NQA*. <https://www.nqa.com/en-gob/resources/blog/may-2016/interested-parties>
- Navarro, C. (2017). *Análisis normativo de la construcción sostenible : especial referencia a la eficiencia energética . Caso práctico : Estimación de costes de una vivienda sostenible*. Universidad Politécnica de Valencia.
- OMS. (1995). *Estrategia Mundial de Salud Ocupacional para Todos*. [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42109/951802071X\\_spa.pdf;jsessionid=](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42109/951802071X_spa.pdf;jsessionid=)
- ONU. (2012). El Futuro que Queremos para Todos. *El Futuro Que Queremos Para Todos*, 70. [http://www.un.org/en/development/desa/policy/untaskteam\\_undf/untreport\\_sp.pdf%5Chttp://www.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/poverty-reduction/realizing-the-future-we-want/](http://www.un.org/en/development/desa/policy/untaskteam_undf/untreport_sp.pdf%5Chttp://www.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/poverty-reduction/realizing-the-future-we-want/)
- Ordonez, J. (2013). *Incorporación de Principios de Sostenibilidad en los Sistemas Constructivos para Edificaciones de Uso Residencial en la Ciudad de Cuenca*. Universidad de Cuenca.

- PMI. (2014). *Fundamentos para la Dirección de Proyectos* (Quinta Edi, Vol. 38).
- PNUD. (2014). Estándares Sociales y Ambientales. *Programa de Las Naciones Unidas Para El Desarrollo*. [www.undp.org/social-environmental-sustainability](http://www.undp.org/social-environmental-sustainability)
- Ramírez, A. (2010). Un diseño para una edificación sostenible. *Consejo Construcción Verde España*. [http://www.spaingbc.org/files/un\\_diseno\\_para\\_un\\_edificio\\_sostenible\\_esp.pdf](http://www.spaingbc.org/files/un_diseno_para_un_edificio_sostenible_esp.pdf)
- Ramos, A. B., Gonzalez, M. J., & Gonzalez, I. (2015). Analysis of the reliability of the fuzzy scale for assessing the students' learning styles in Mathematics. *9th Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology*, 727–733.
- Real Decreto 486 / 1997 ,disposiciones mínimas de seguridad y salud de 14 de abril, 1 (2004).
- Reetoo, K., Macdonald, E., & Harrington, J. (2004). *Competencies of occupational physicians—The customer's perspective*. Health and Safety Books.
- Riley, D., Pexton, K., & Drilling, J. (2003). Procurement of sustainable construction services in the United States: The contractor's role in green buildings. *Industry and Environment*, 26(2–3), 66–69.
- Rivero, C. (2020). *Estudio de Huellas en el Ciclo de Vida del Edificio Residencial* [Universidad de Sevilla]. <https://hdl.handle.net/11441/102354>
- Robert, C. (1994). La Economía Ecológica de la Sostenibilidad. *Desarrollo Económico Sostenible*. Goodland, Daly, El Serafy, von Droste, *Avances Sobre El Informe Brundland*, 153–169.
- Robinson, J. (1991). Delphi methodology for economic impact assessment. *Journal of Transportation Engineering*, 117(3), 335–349.
- Sach, I. (1991). Le Sud et la Conférence de Rio de Janeiro. *Environnement et Gestion de La Planète*. Paris : Cahiers Français. La Documentation Française.
- Saunders, M. N. ., Lewis, P., & Thronhill, A. (1997). Research Methods for Business students, London. *Financial Times Management*.
- Scholl, W., König, C., Meyer, B., & Heisig, P. (2004). The future of knowledge management: An international delphi study. *Journal of Knowledge Management*, 8(2), 19–35. <https://doi.org/10.1108/13673270410529082>
- Shen, L. Y., Li Hao, J., Tam, V. W. Y., & Yao, H. (2007). A checklist for assessing sustainability performance of construction projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, 13(4), 273–281. <https://doi.org/10.1080/13923730.2007.9636447>
- Sourani, A., & Sohail, M. (2015). The Delphi Method: Review and Use in Construction Management Research. *International Journal of Construction Education and Research*, 11(1), 54–76. <https://doi.org/10.1080/15578771.2014.917132>
- Susunaga, J. (2014). *Construcción Sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario*. Universidad Católica de Colombia.
- Turoff, M., & Linstone, H. (2002). *The Delphi Method Technques and Applications*.

- U.S. Green Building Council. (2002). *Green Building Rating System for New Construction*.  
[http://www.spaingbc.org/files/CoreConceptsGuide\\_ES.pdf](http://www.spaingbc.org/files/CoreConceptsGuide_ES.pdf)
- U.S Green Building Council. (2009). *Guia de Conceptos Basicos de Edificios Verdes y Leed*.  
[http://www.spaingbc.org/files/CoreConceptsGuide\\_ES.pdf](http://www.spaingbc.org/files/CoreConceptsGuide_ES.pdf)
- UNEP. (2006). *Sustainable Building and construction Initiative*.  
[http://www.uneptie.org/pc/pc/SBCI/SBCI\\_2006\\_InformationNote.pdf](http://www.uneptie.org/pc/pc/SBCI/SBCI_2006_InformationNote.pdf)
- UNEP. (2009). Guidelines for Social Life Cycle Assesment of Products. *United Nations Enviornmental Programme, 15*, 1–103.  
[https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7912/-Guidelines for Social Life Cycle Assesment of Products-20094102.pdf?sequence=3&isAllowed=](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7912/-Guidelines%20for%20Social%20Life%20Cycle%20Assesment%20of%20Products-20094102.pdf?sequence=3&isAllowed=1)
- Weidman, J. ., Miller, K. ., Christofferson, J. ., & Newitt, J. . (2011). Best practices for dealing with price volatility in commercial construction. *International Journal of Construction Education and Research, 7*(4), 276–293. <https://doi.org/10.1080/15578771.2011.552936>
- World Bank. (2010). What is a Stakeholder Analysis? *Internal Document*, 1–8.
- Yeung, J. ., Chan, A. P. ., & Chan, D. W. . (2009). Developing a performance index for relationship-based construction projects in Australia: Delphi study. *Journal of Management in Engineering, 25*(2), 59–68.
- Yeung, J., Chan, A., Chan, D., & Li, L. (2007). Development of a partnering performance index for construction projects in Hong King: A Delphi Study. *Construction Management and Economics, 25*(12), 1219–1237. <https://doi.org/10.1080/014461907001598673>

## 9 ANEXOS

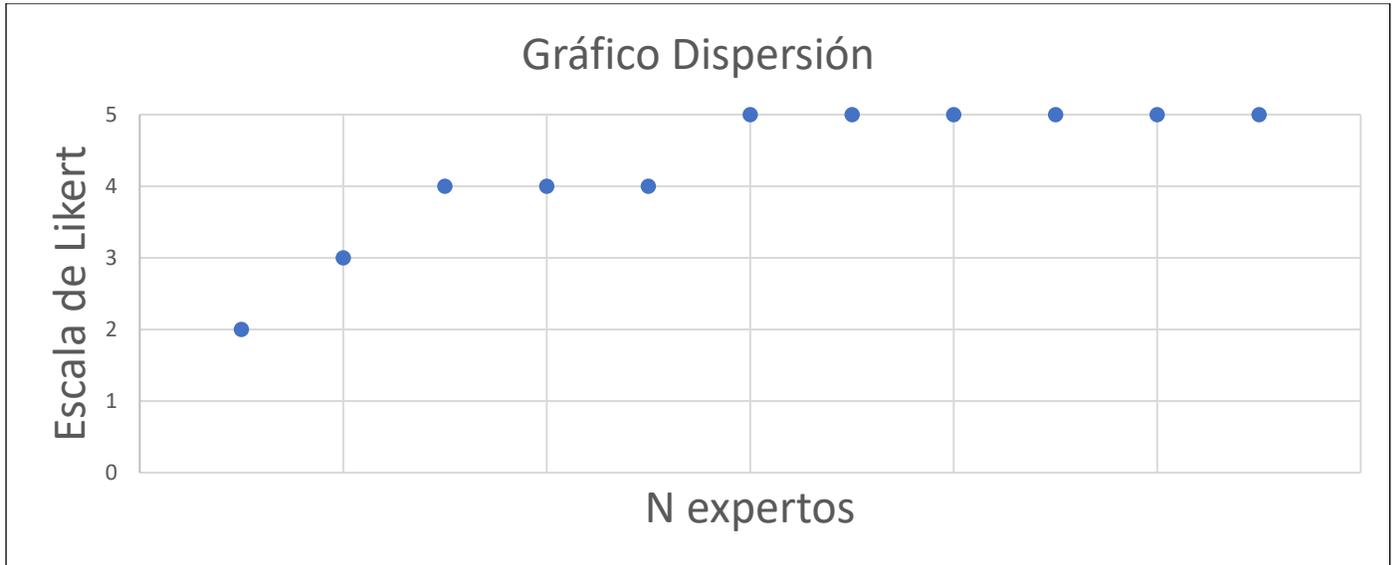
### 9.1 Anexos de Gráficos Ronda 1

#### 9.1.1 Indicadores Económicos

##### 9.1.1.1 Fase de Viabilidad

#### Gráfico 13

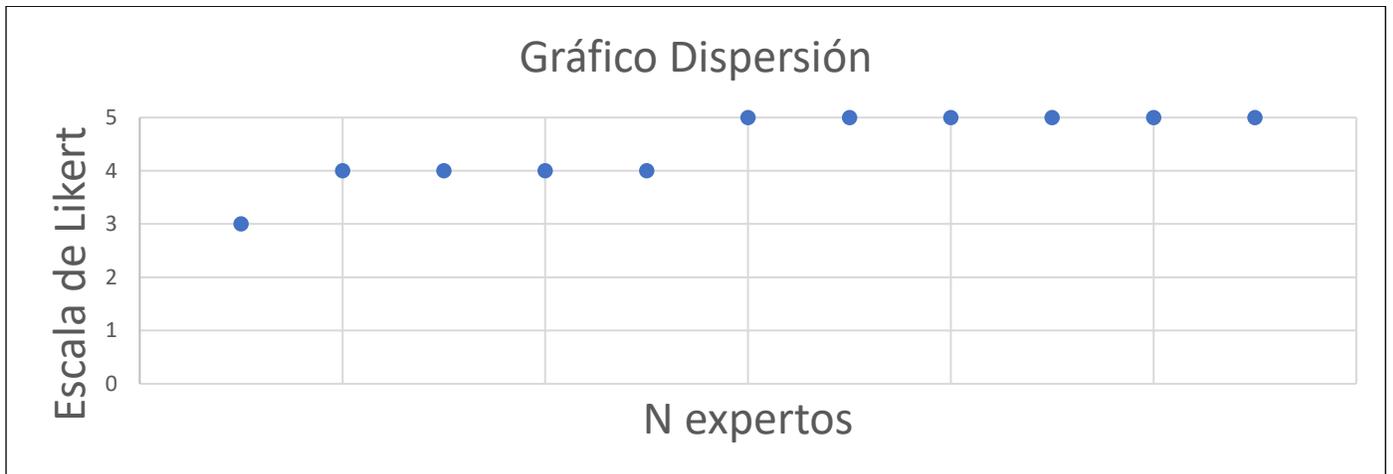
*Gráfico de Dispersión Indicador Presupuesto Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

#### Gráfico 14

*Gráfico de Dispersión Indicador Costos del Ciclo de Vida Ronda 1*

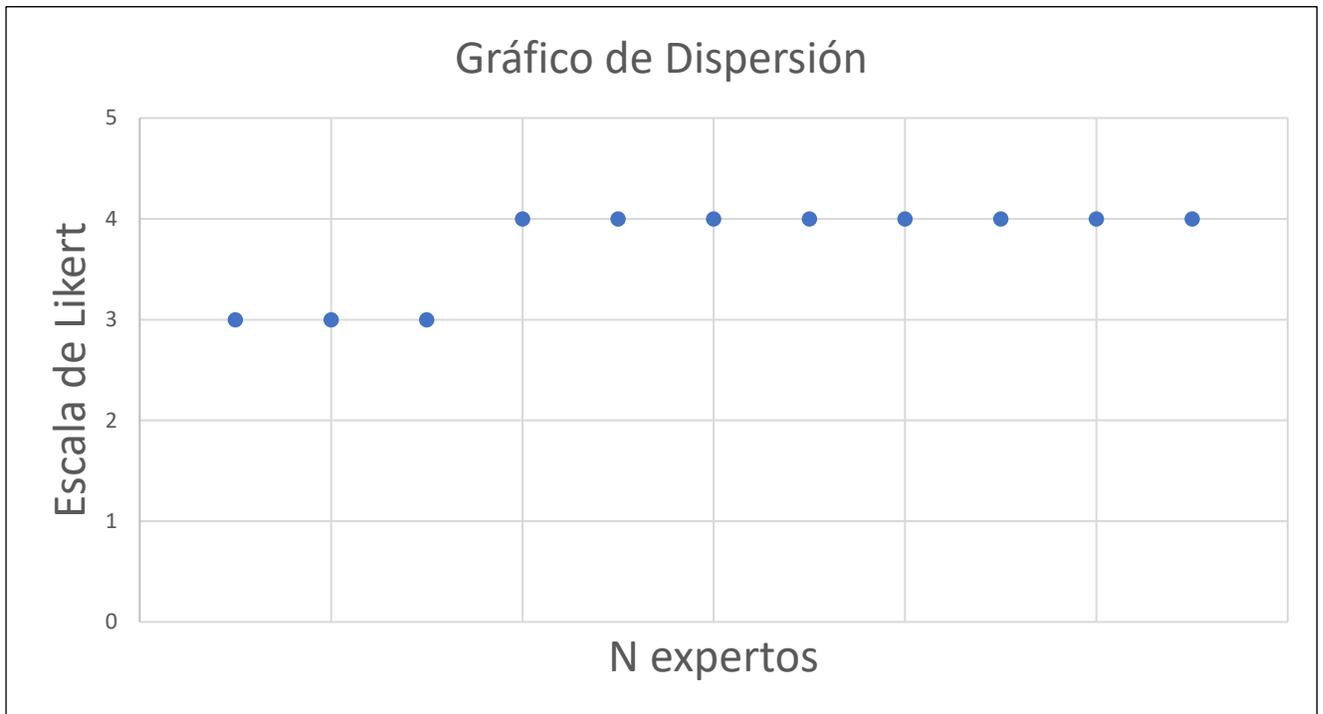


Fuente: Elaboración Propia

9.1.1.2 Fase de Diseño

**Gráfico 15**

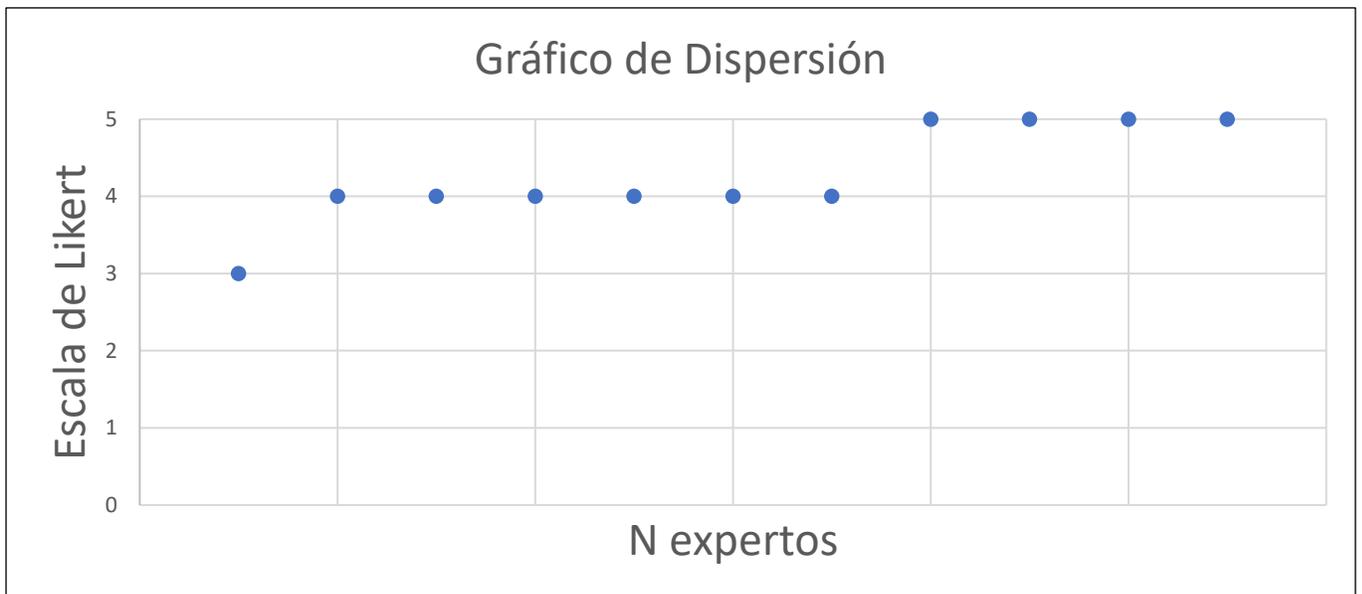
*Gráfico de Dispersión Indicador Estandarización de Planos Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 16**

*Gráfico de Dispersión Indicador Selección de Materiales Ronda 1*

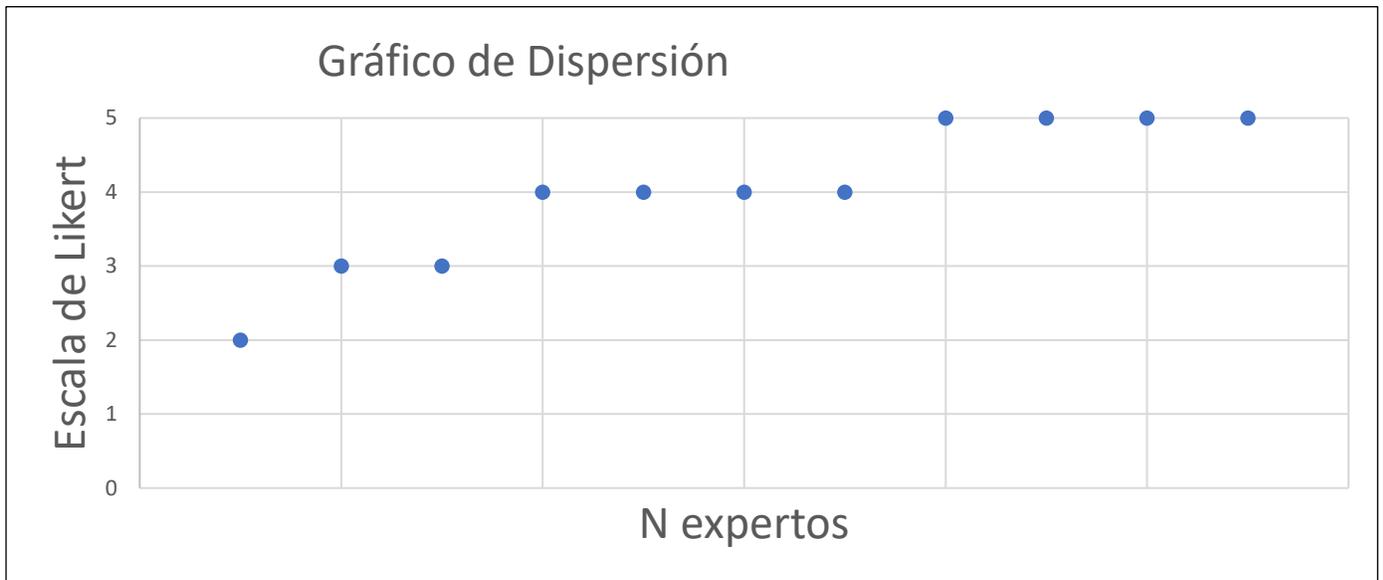


Fuente: Elaboración Propia

9.1.1.3 Fase de Construcción

**Gráfico 17**

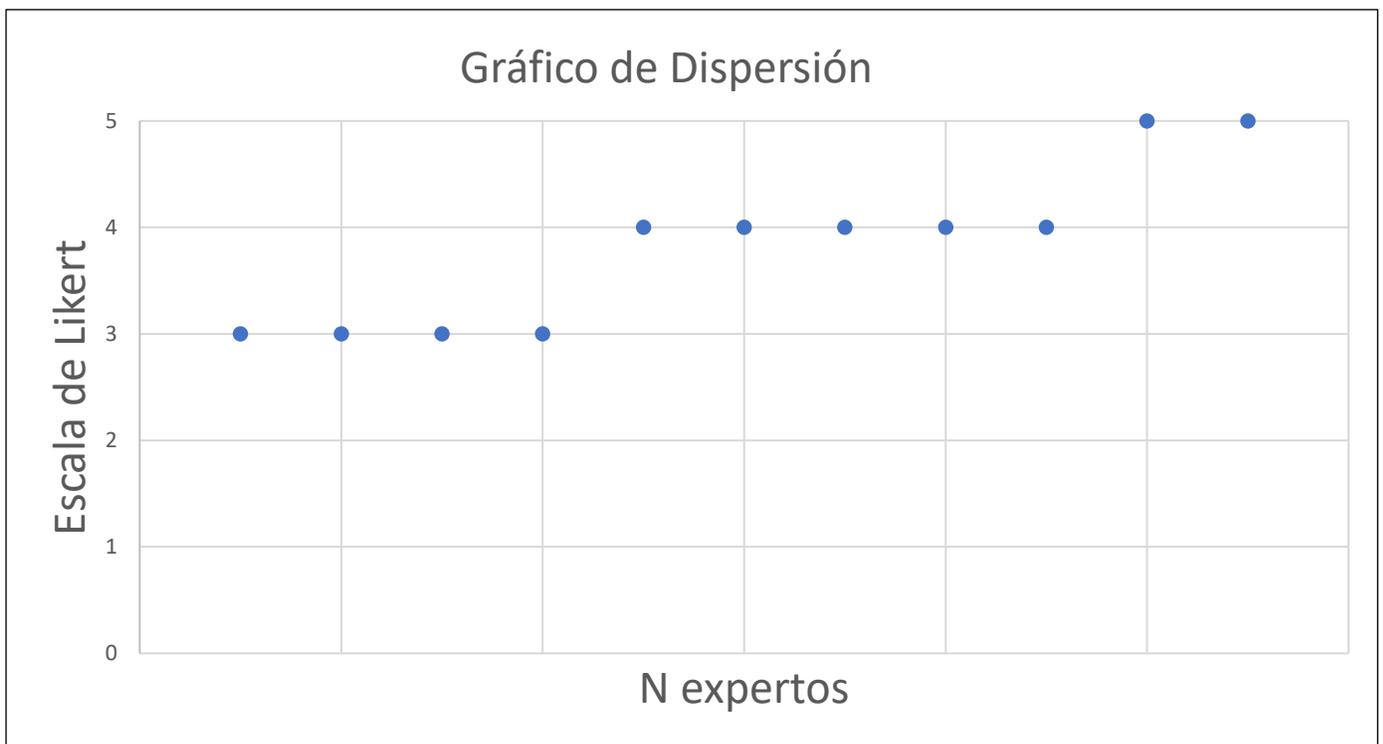
*Gráfico de Dispersión Indicador Costos Salariales Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 18**

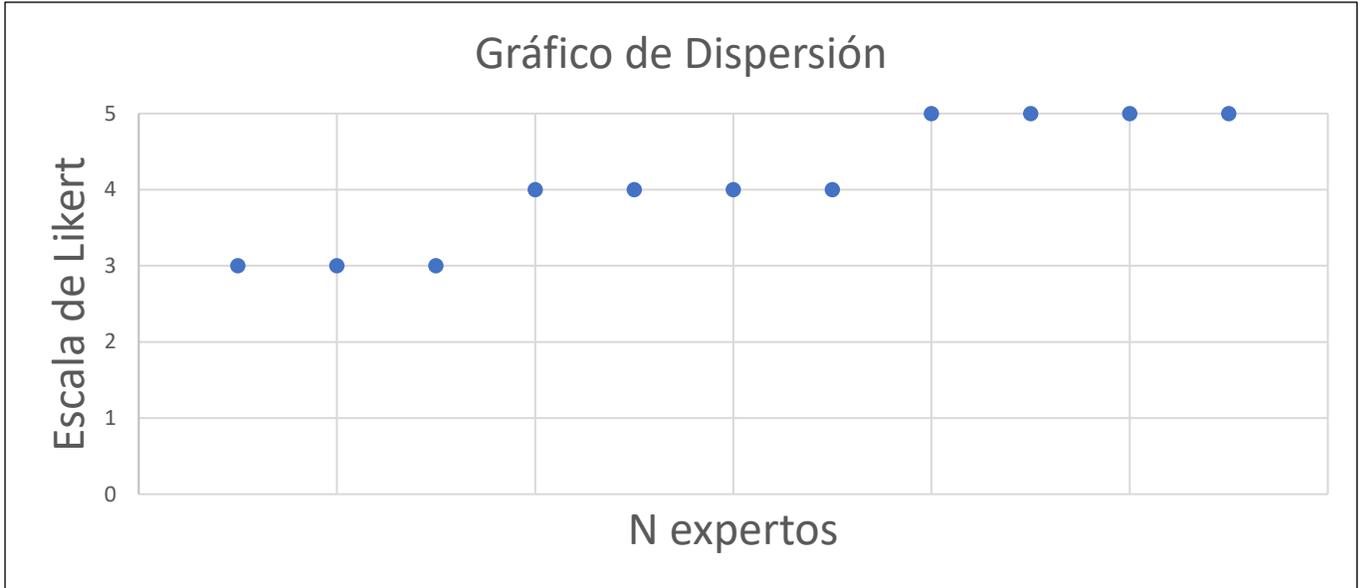
*Gráfico de Dispersión Indicador Costos de Materiales Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 19**

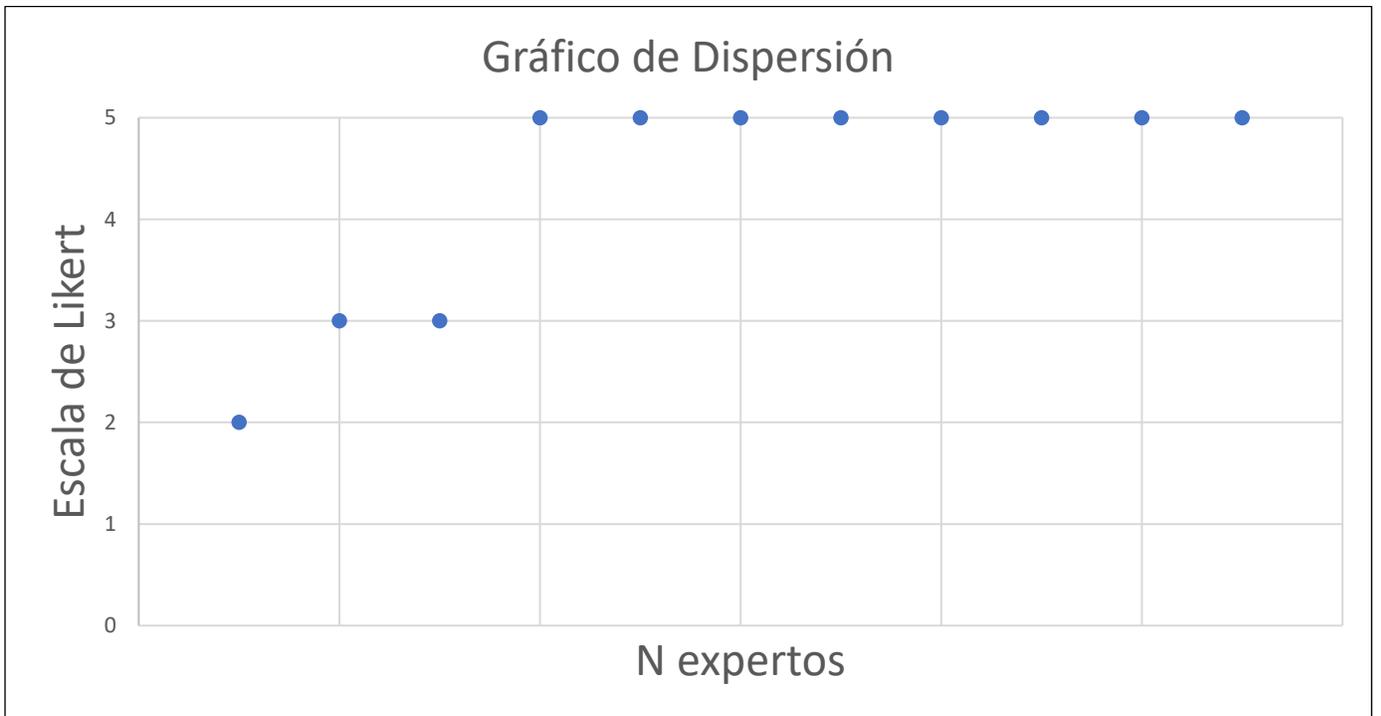
*Gráfico de Dispersión Indicador Costo de la Energía Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 20**

*Gráfico de Dispersión Indicador Costo de la Seguridad en la Obra Ronda 1*

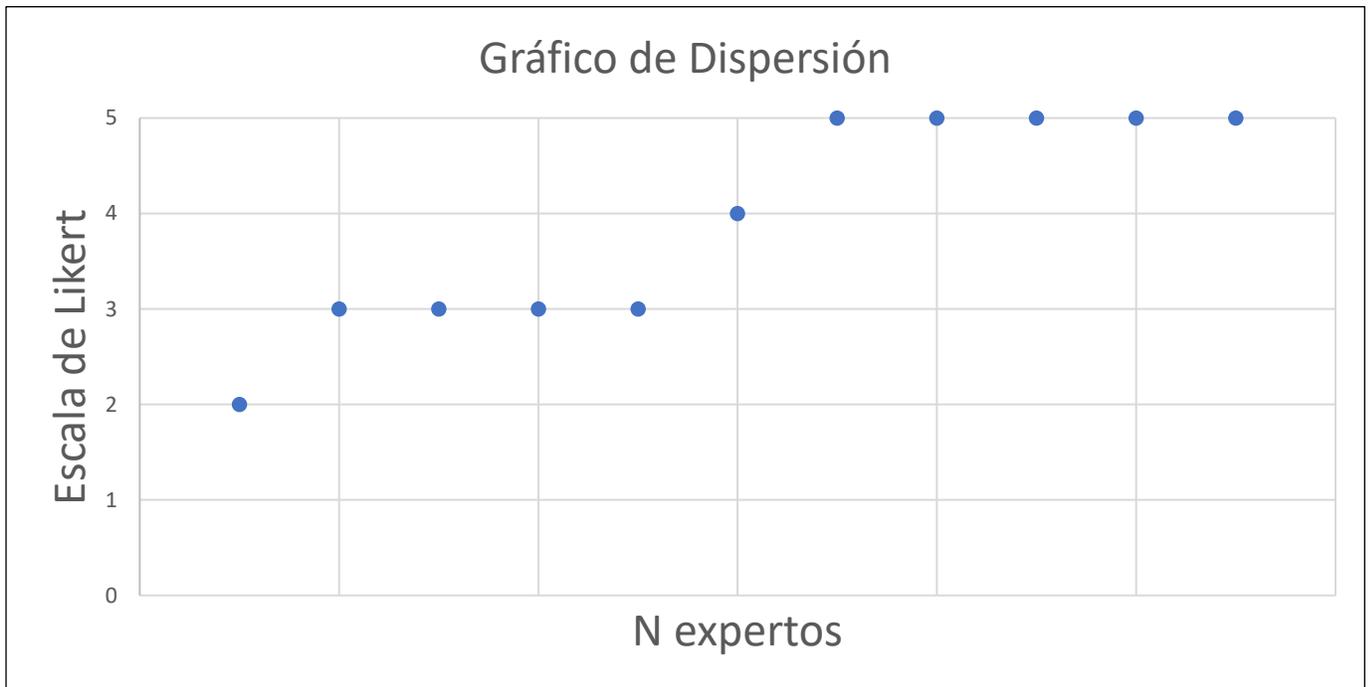


Fuente: Elaboración Propia

9.1.1.4 Fase de Mantenimiento y Operación

**Gráfico 21**

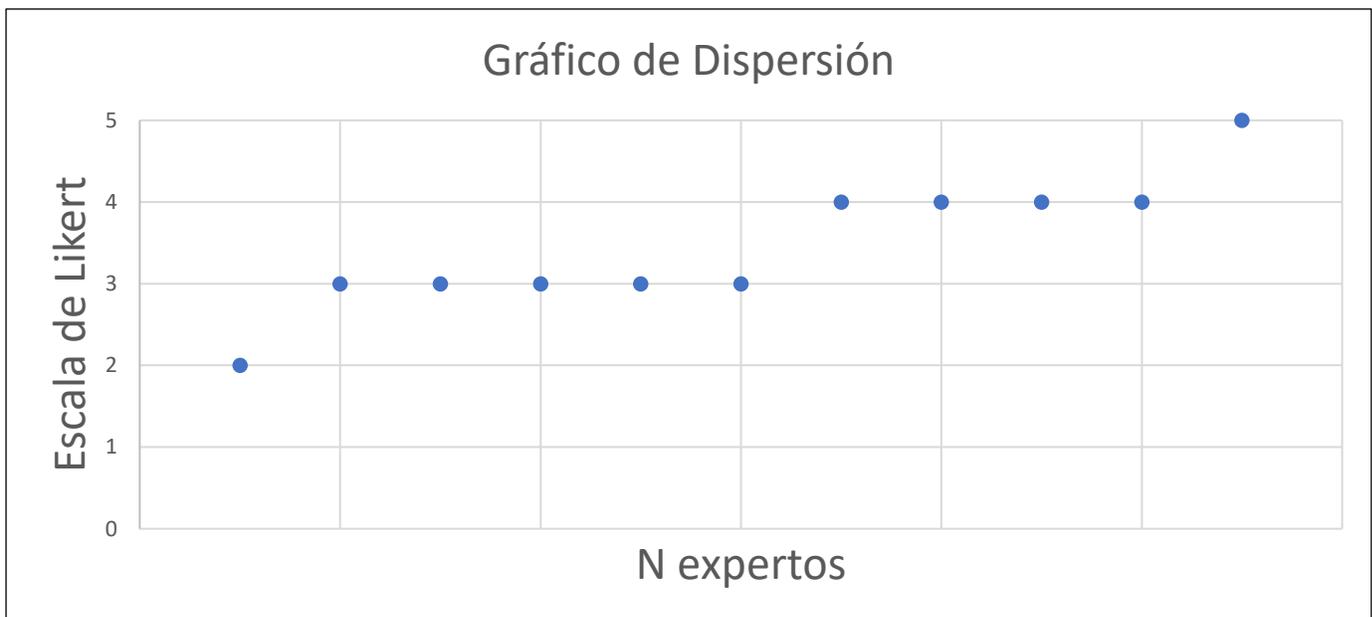
*Gráfico de Dispersión Indicador Balance en las Operaciones Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 22**

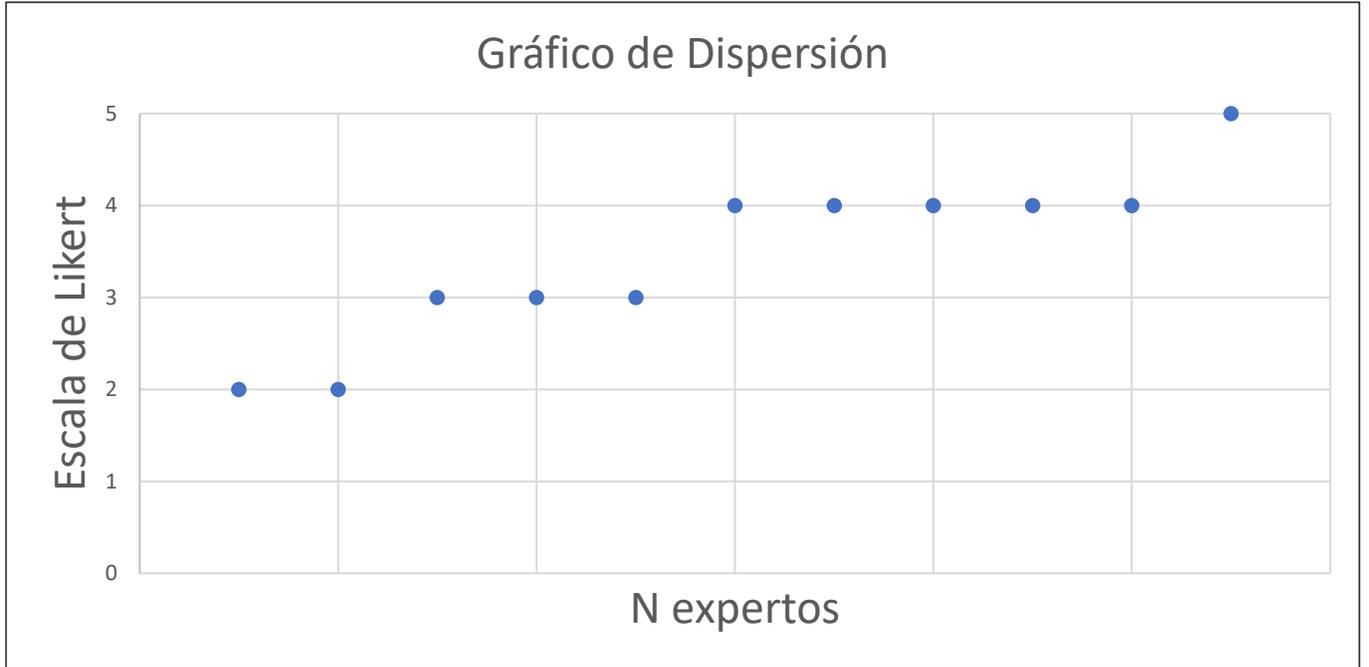
*Gráfico de Dispersión Indicador Costos de Entrenamiento Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 23**

*Gráfico de Dispersión Indicador Mejoras en la Economía Local Ronda 1*



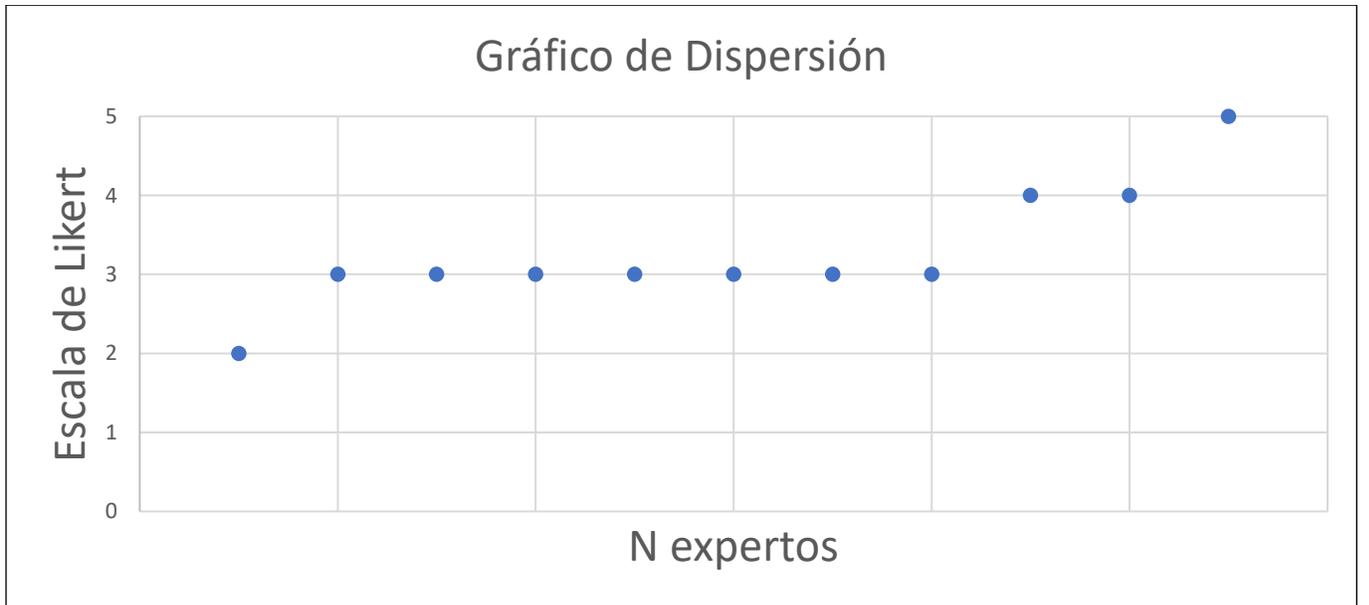
Fuente: Elaboración Propia

9.1.2 Indicadores Sociales

9.1.2.1 Fase de Viabilidad

**Gráfico 24**

*Gráfico de Dispersión Indicador Servicios Comunitarios Ronda 1*

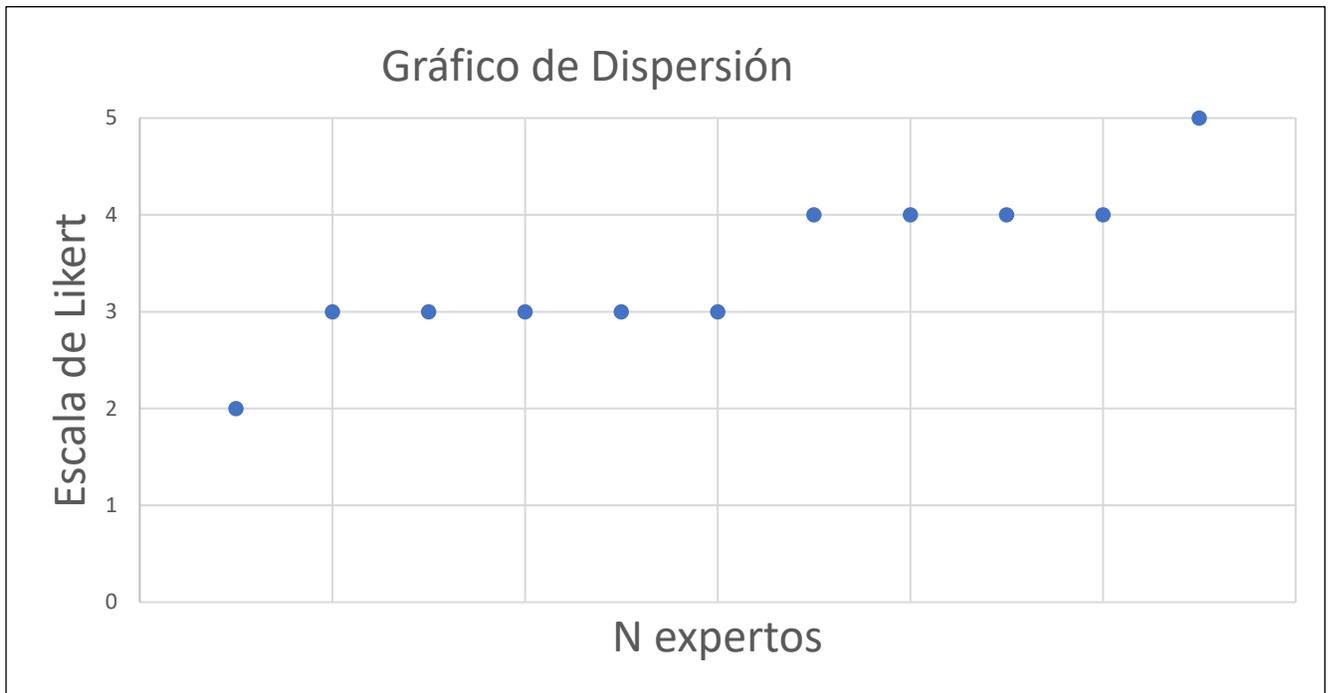


Fuente: Elaboración Propia

9.1.2.2 Fase de Diseño

**Gráfico 25**

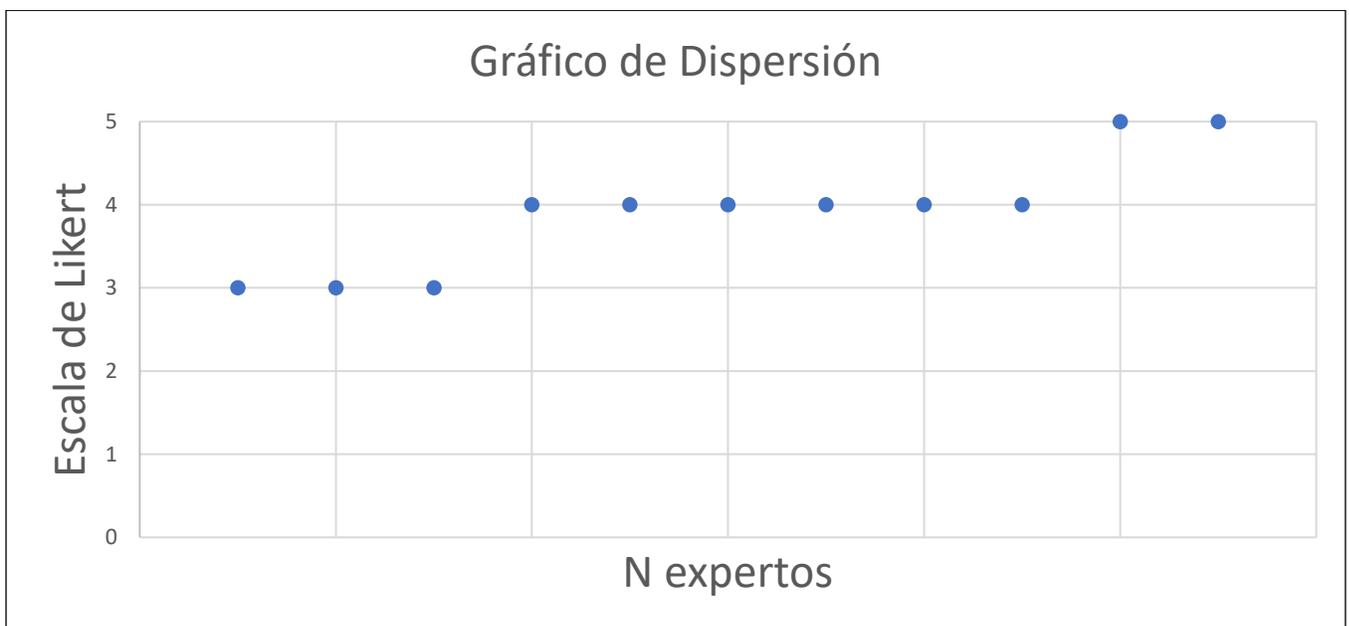
*Gráfico de Dispersión Indicador Confort Visual Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 26**

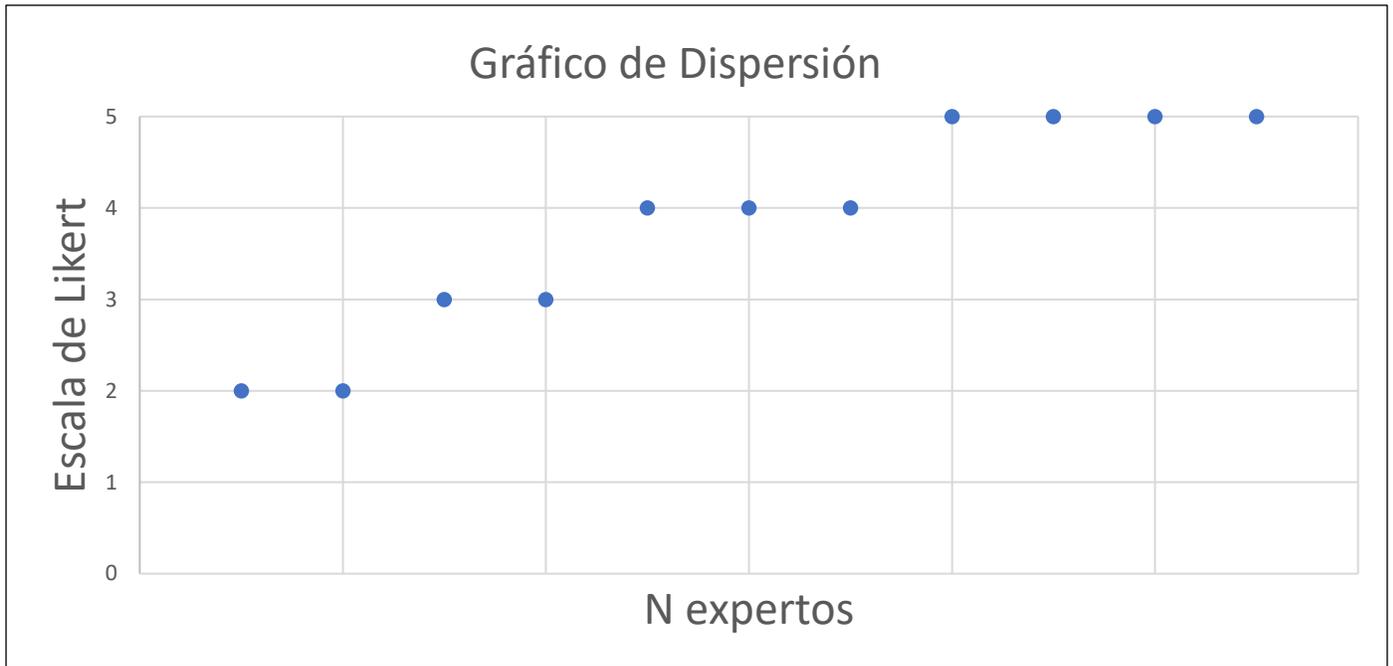
*Gráfico de Dispersión Indicador Calidad el Ambiente Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 27**

*Gráfico de Dispersión Indicador Accesibilidad Ronda 1*

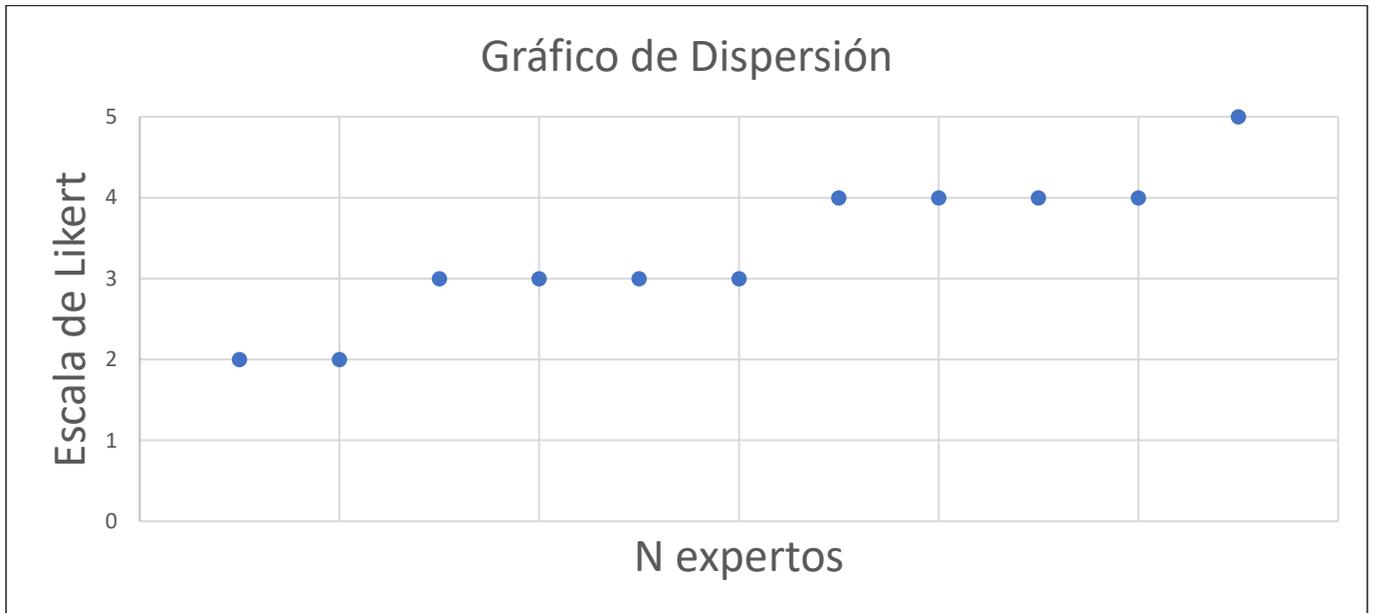


Fuente: Elaboración Propia

9.1.2.3 Fase de Construcción

**Gráfico 28**

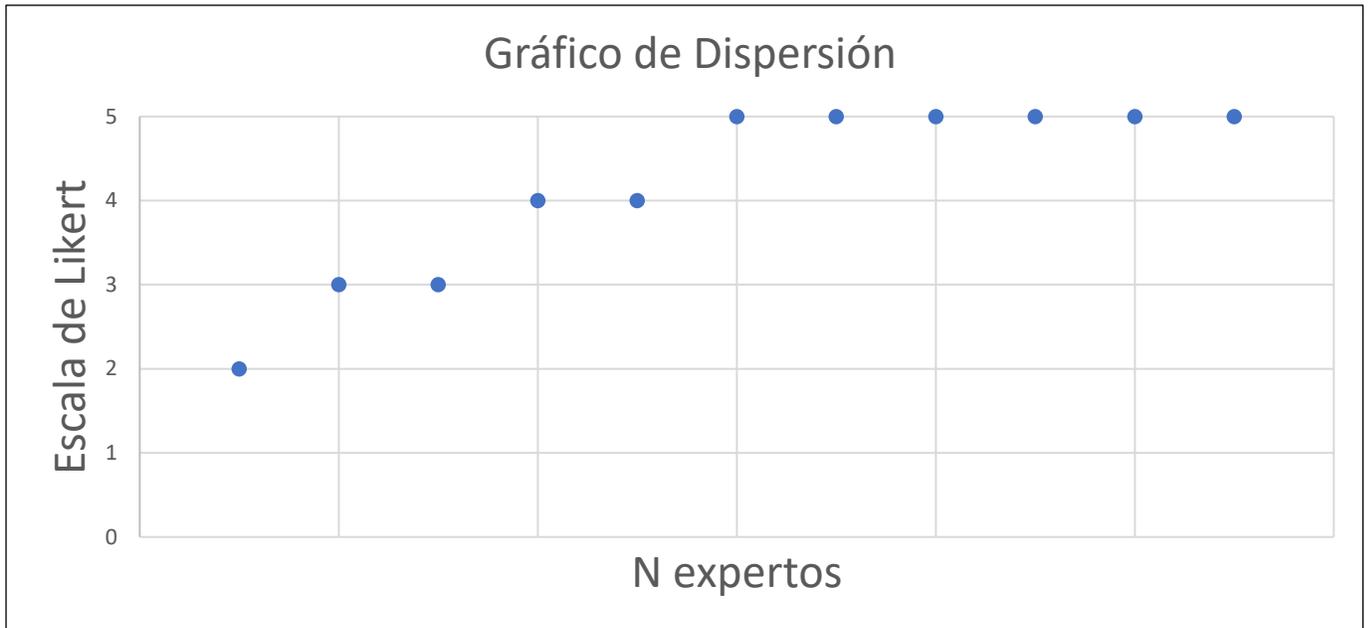
*Gráfico de Dispersión Indicador Empleo Directo Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 29**

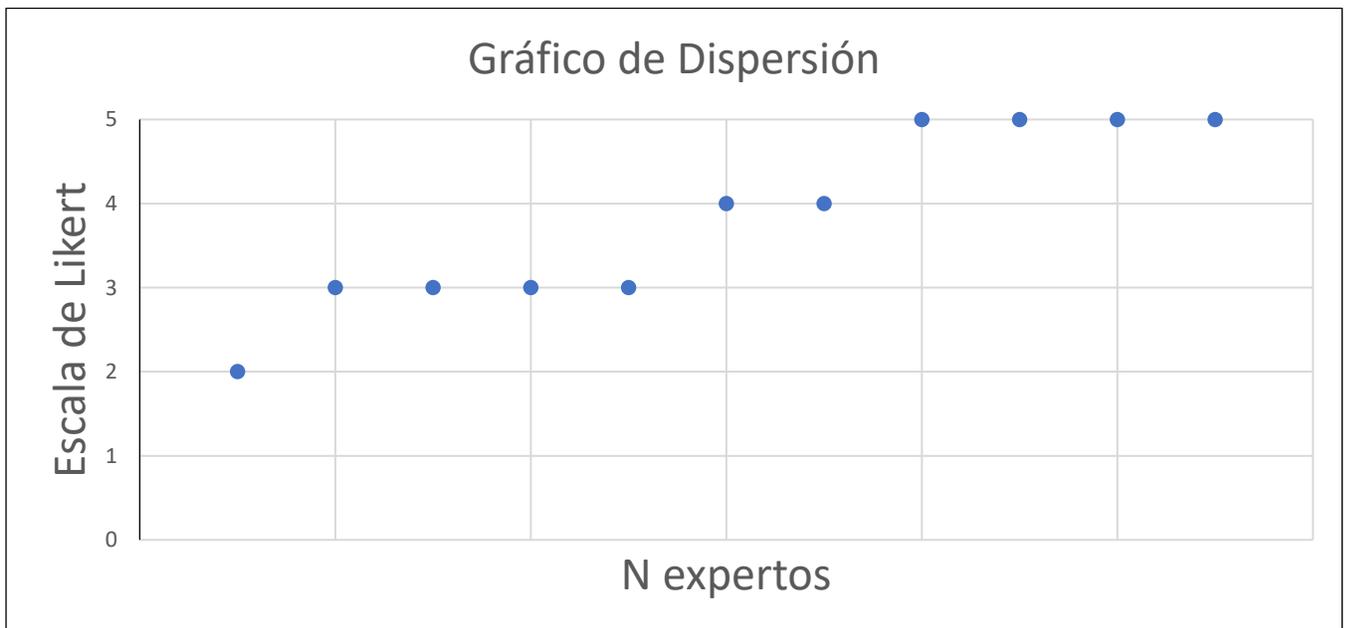
*Gráfico de Dispersión Indicador Condiciones Laborales Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 30**

*Gráfico de Dispersión Indicador Conciencia Ciudadana Ronda 1*

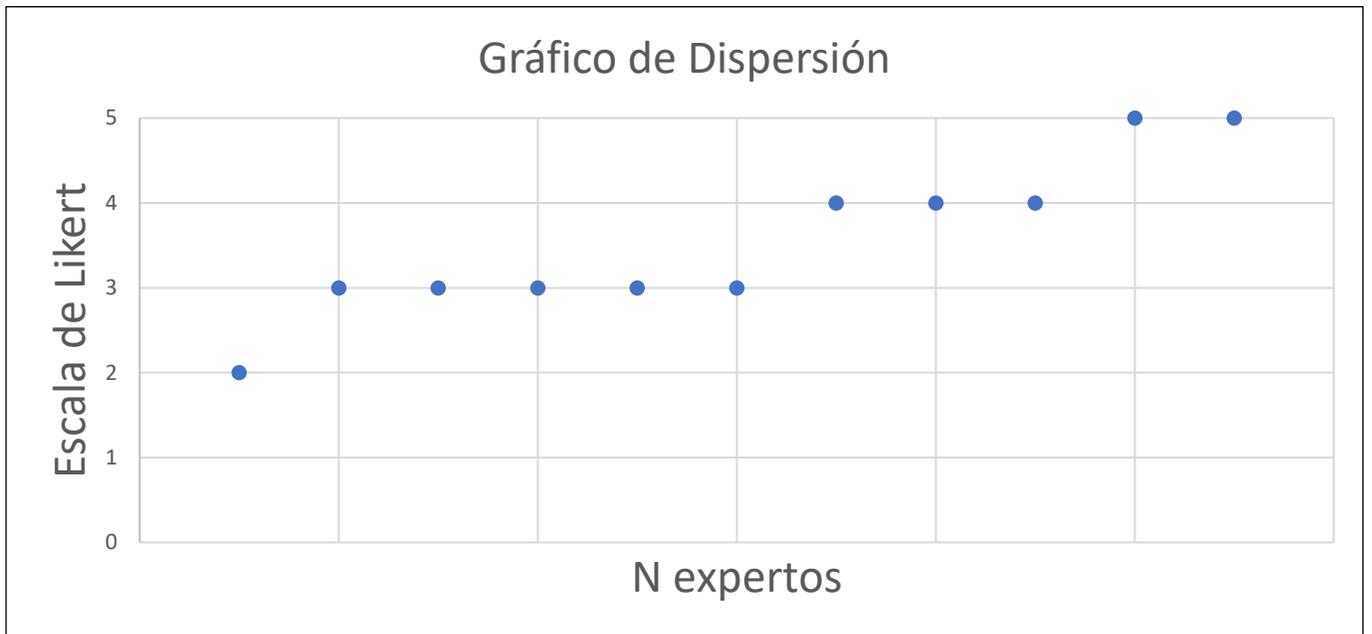


Fuente: Elaboración Propia

9.1.2.4 Fase de Mantenimiento y Operación

**Gráfico 31**

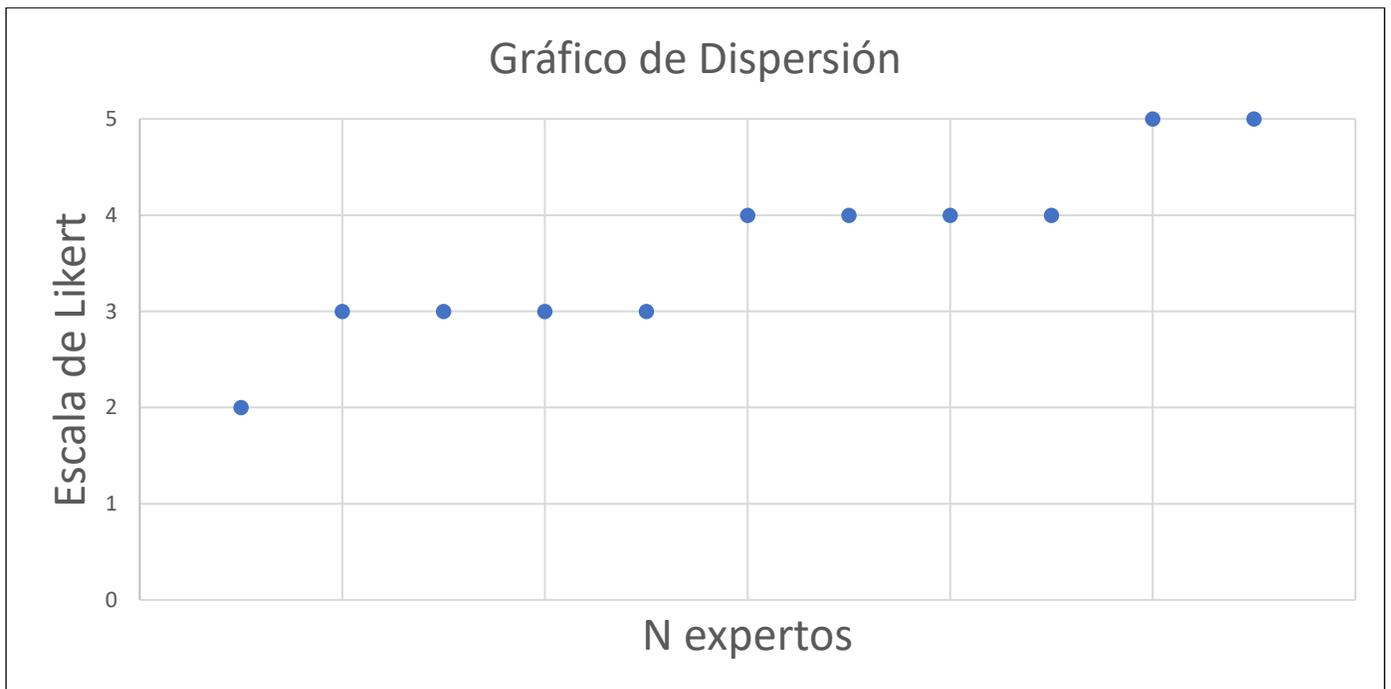
*Gráfico de Dispersión Indicador Disposición de Servicios Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 32**

*Gráfico de Dispersión Indicador Instalaciones Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

9.1.3 Indicadores Ambientales

9.1.3.1 Fase de Viabilidad

**Gráfico 33**

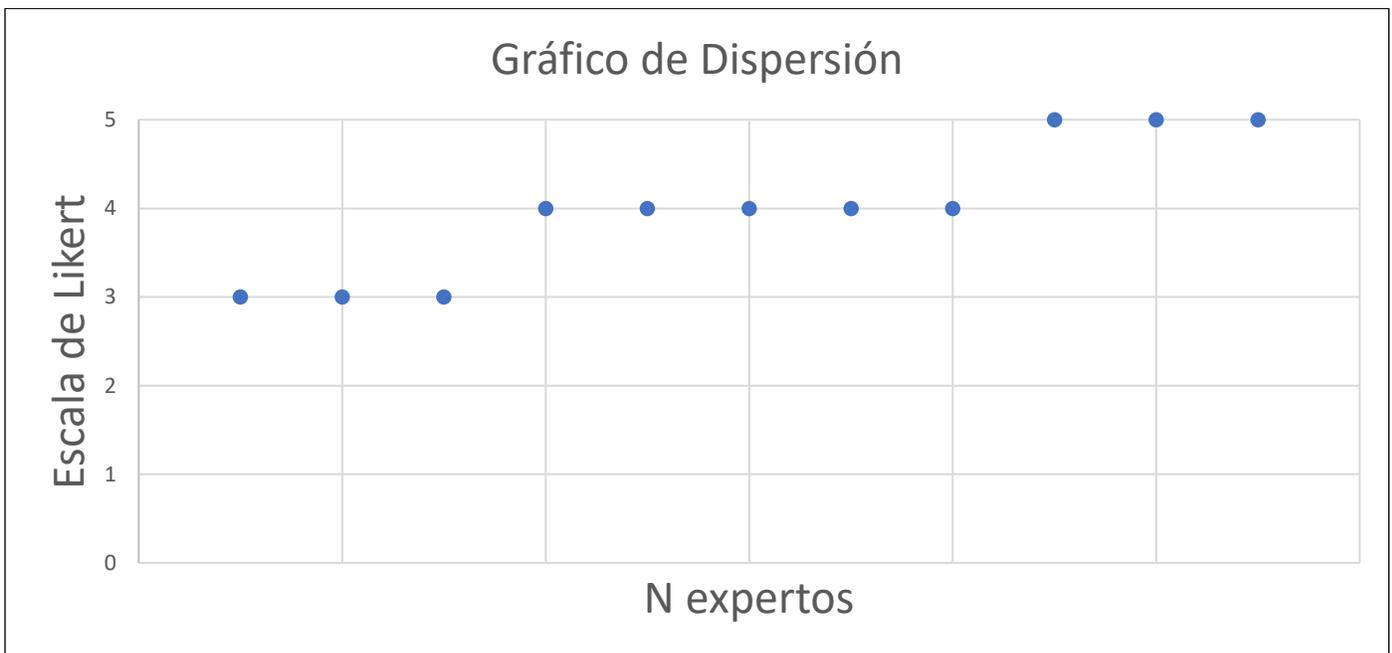
*Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación del Ruido Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 34**

*Gráfico de Dispersión Indicador Residuos Ronda 1*

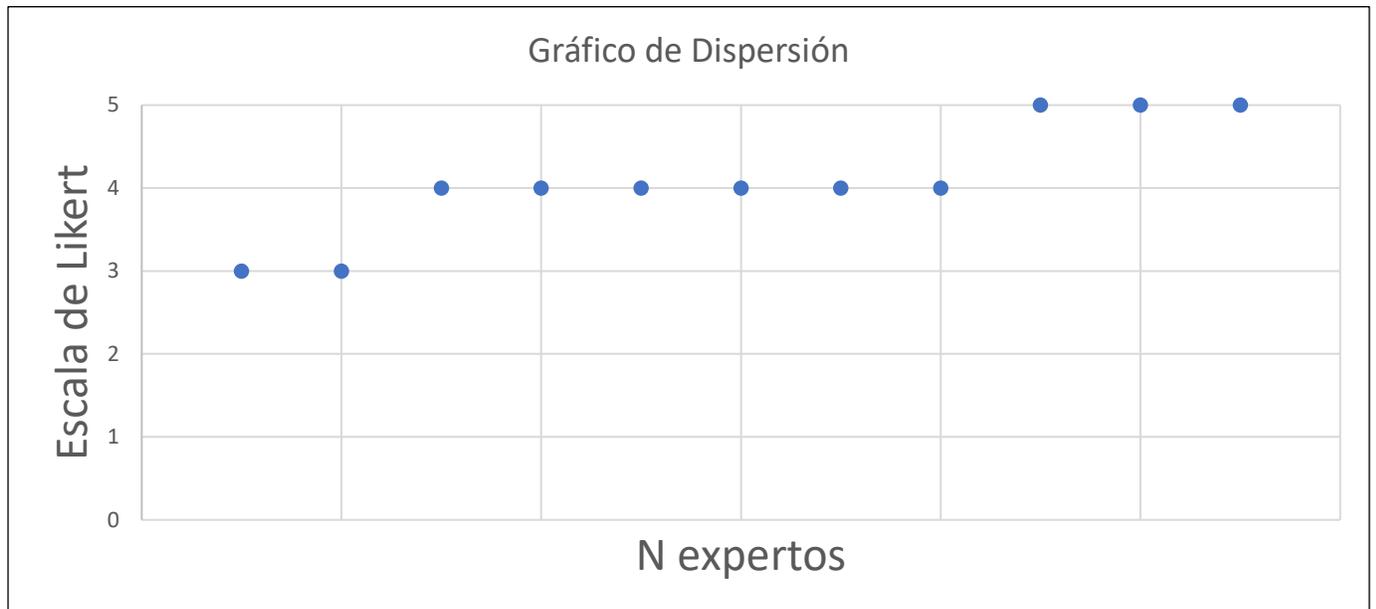


Fuente: Elaboración Propia

9.1.3.2 Fase de Diseño

**Gráfico 35**

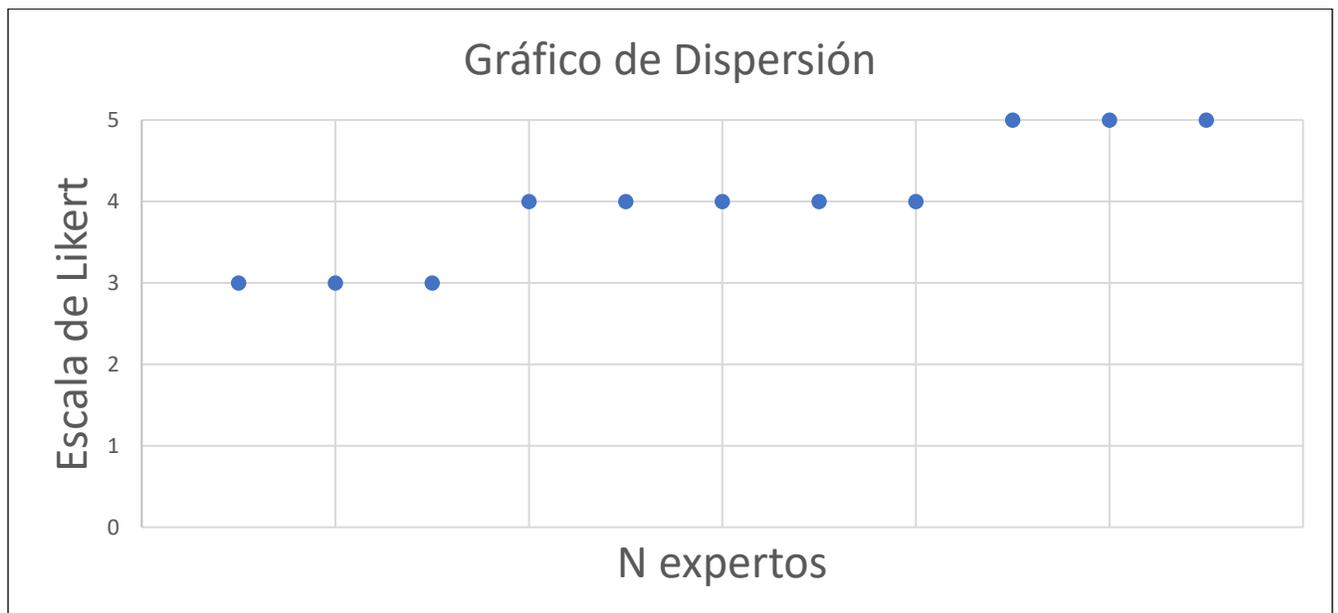
*Gráfico de Dispersión Indicador Diseño del Ciclo de Vida del Proyecto*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 36**

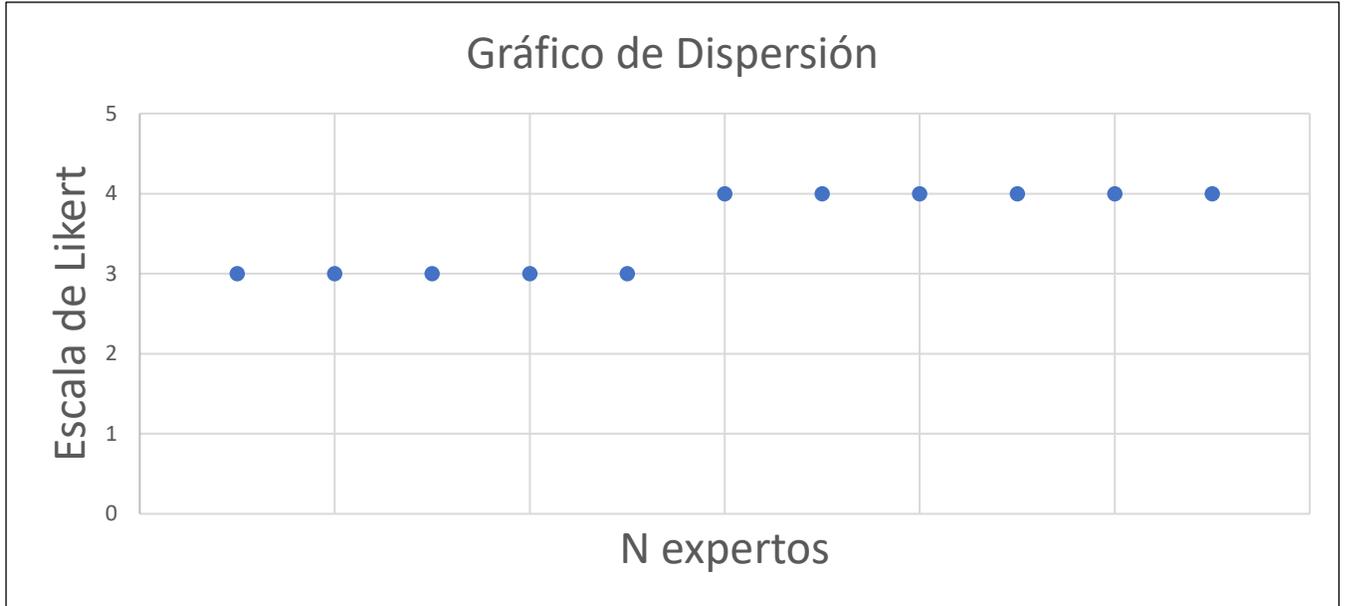
*Gráfico de Dispersión Indicador Diseño Ambientalmente Consciente Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 37**

*Gráfico de Dispersión Indicador Diseño Modular Ronda 1*

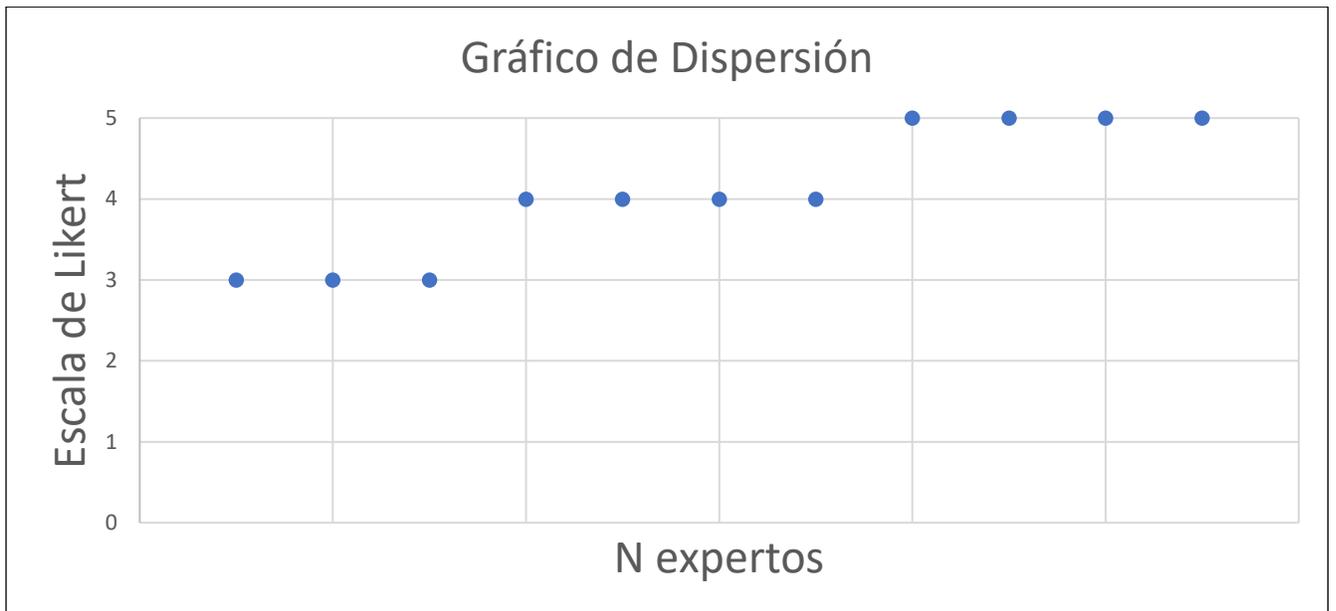


Fuente: Elaboración Propia

9.1.3.3 Fase de Construcción

**Gráfico 38**

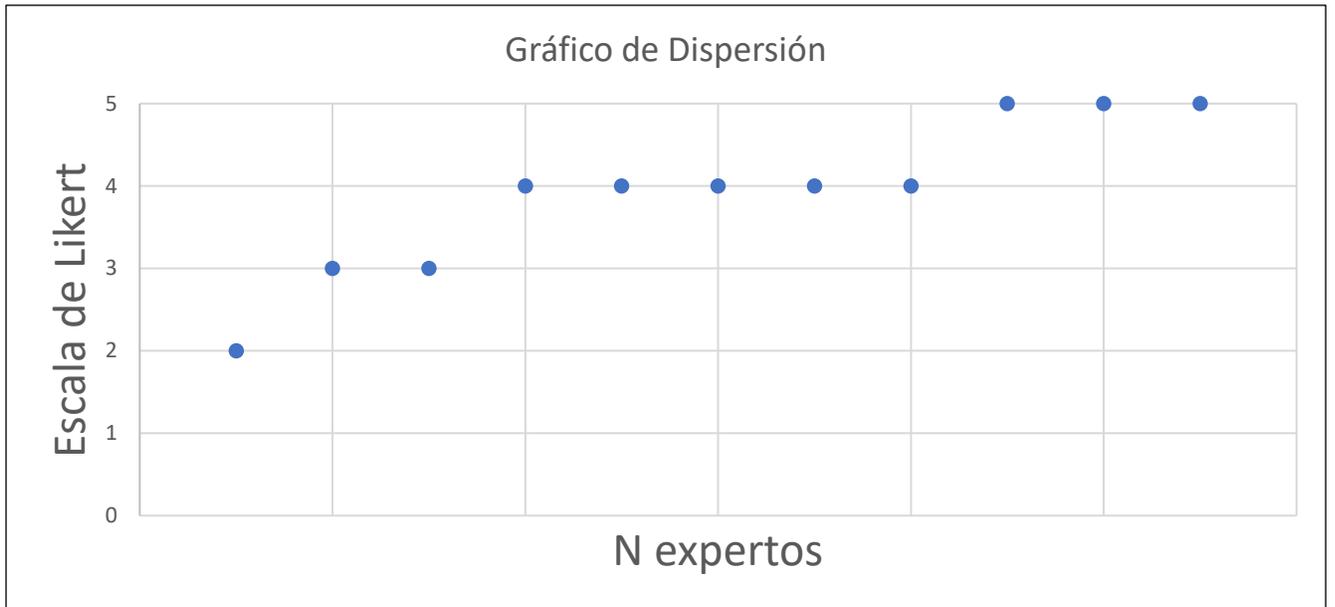
*Gráfico de Dispersión Contaminación por Emisiones de Aire Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 39**

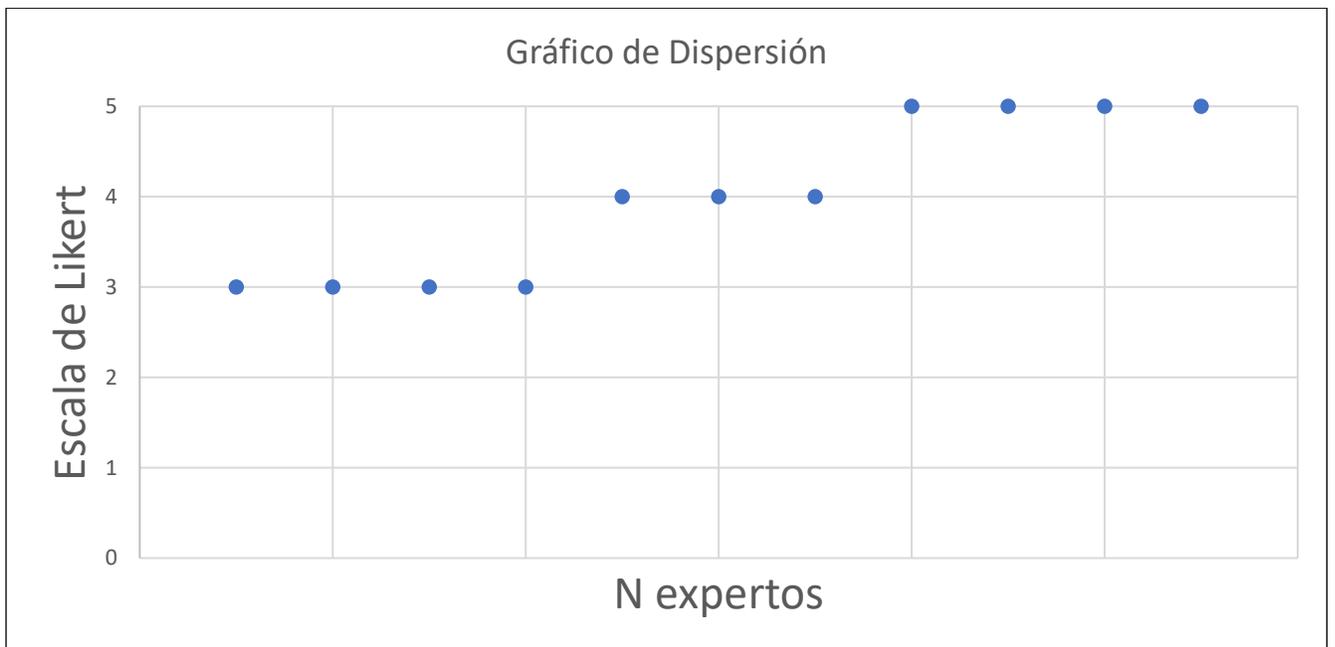
*Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación Acústica Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 40**

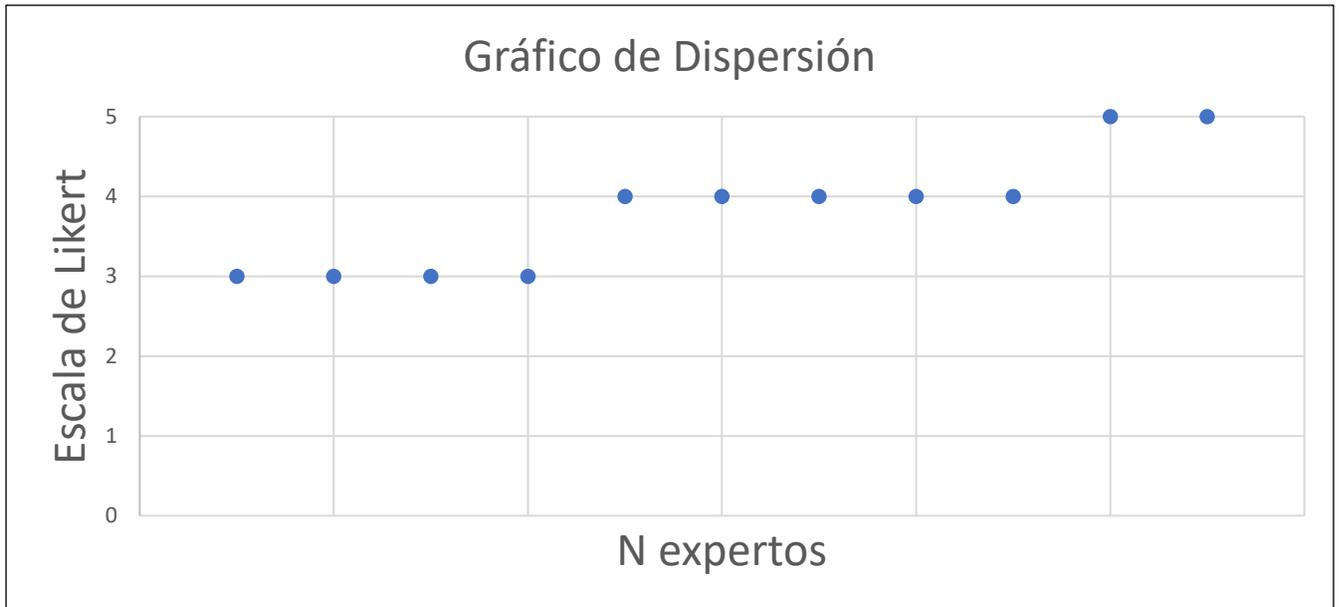
*Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación por Generación de Residuos Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 41**

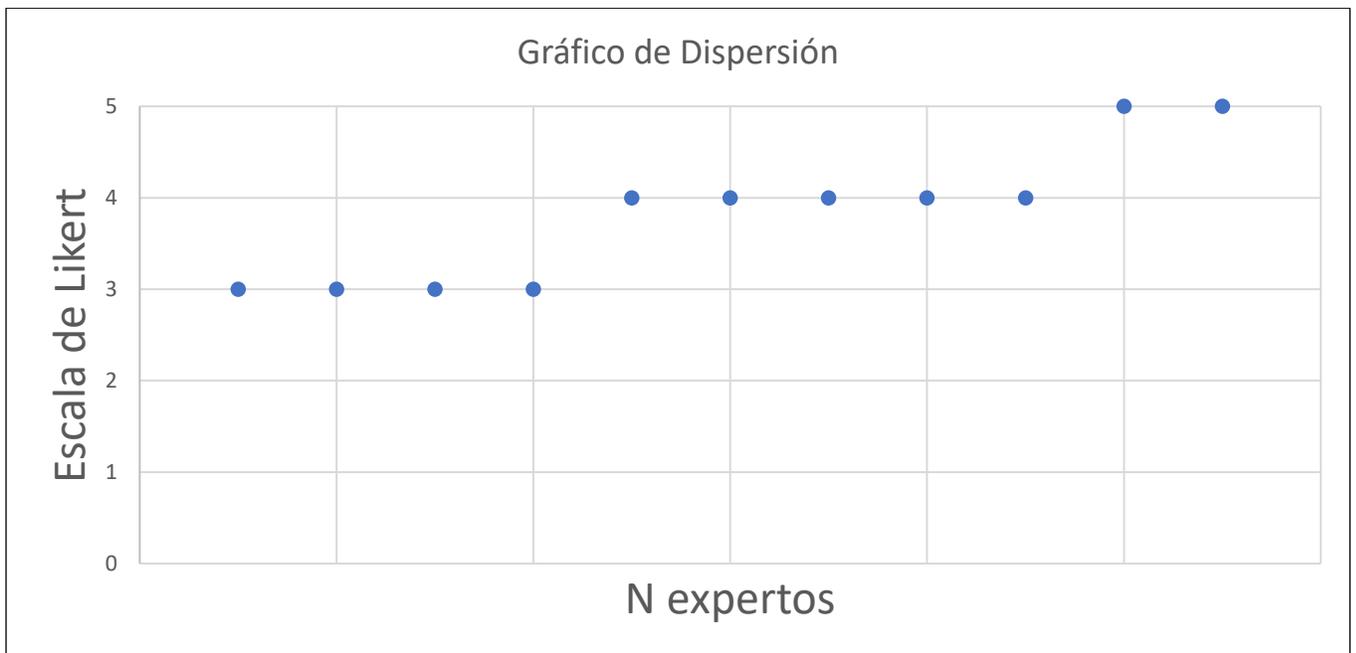
*Gráfico de Dispersión Indicador Contenido de Material Reciclable Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 42**

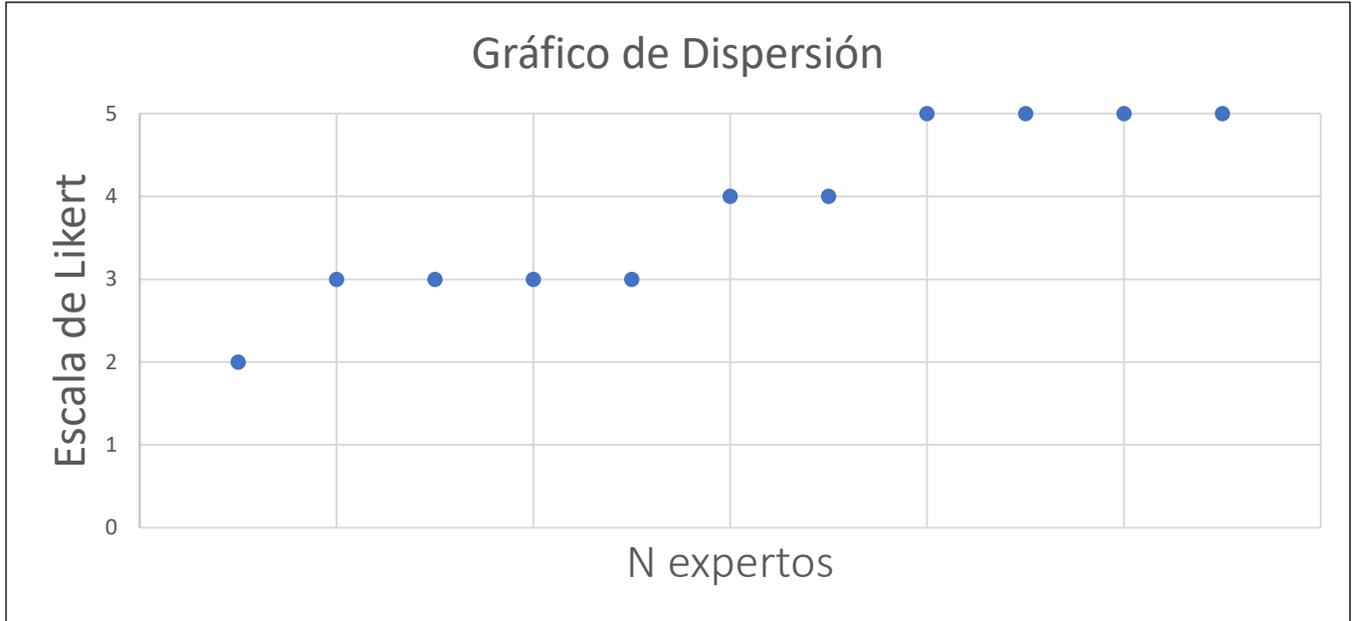
*Gráfico de Dispersión Indicador Elementos Renovables Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 43**

*Gráfico de Dispersión Indicador Legislación Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

9.1.3.4 Fase de Mantenimiento y Operación

**Gráfico 44**

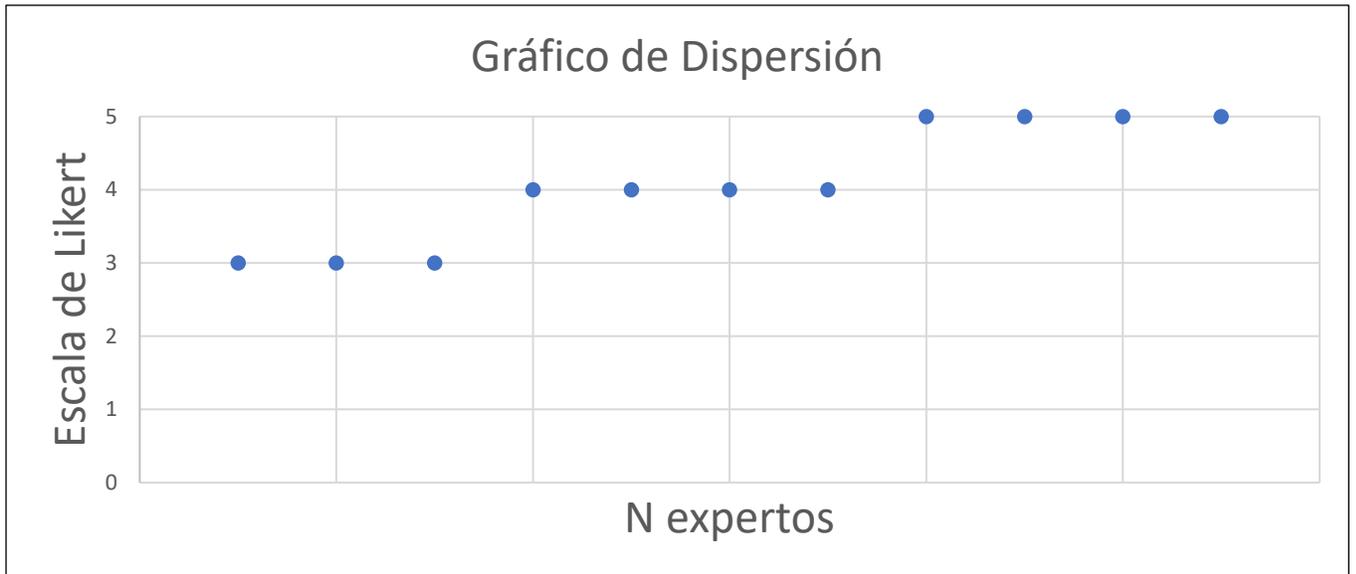
*Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación por Descarga de Agua Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 45**

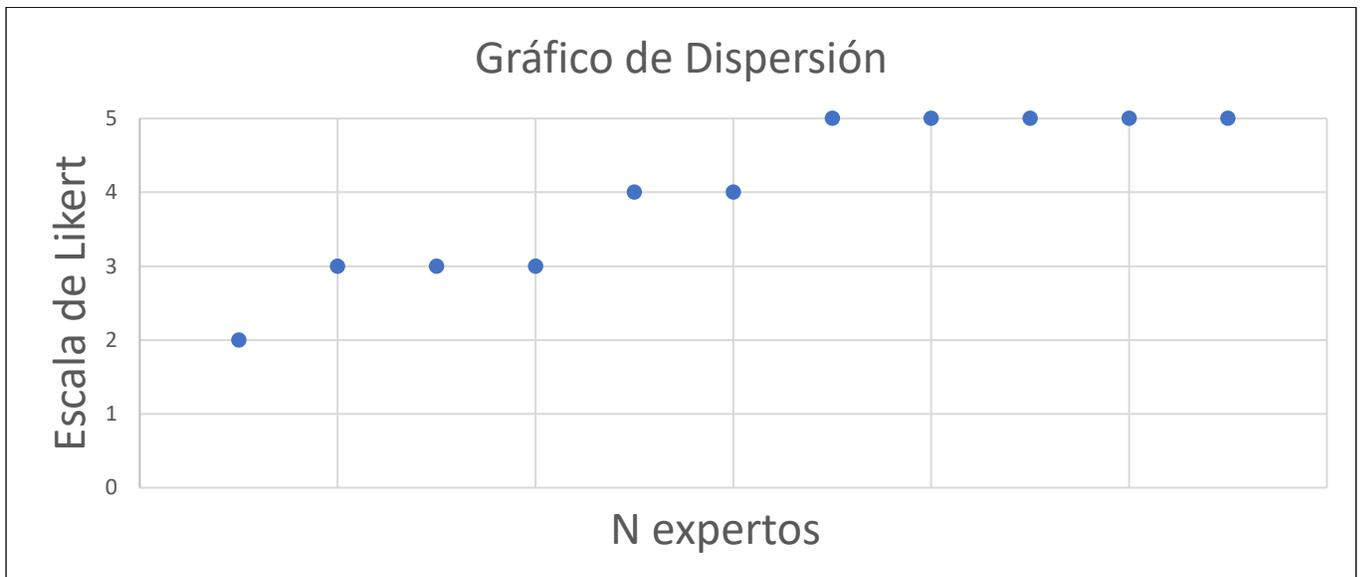
*Gráfico de Dispersión Indicador Residuos Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 46**

*Gráfico de Dispersión Indicador Operaciones Internas y Externas Ronda 1*



Fuente: Elaboración Propia

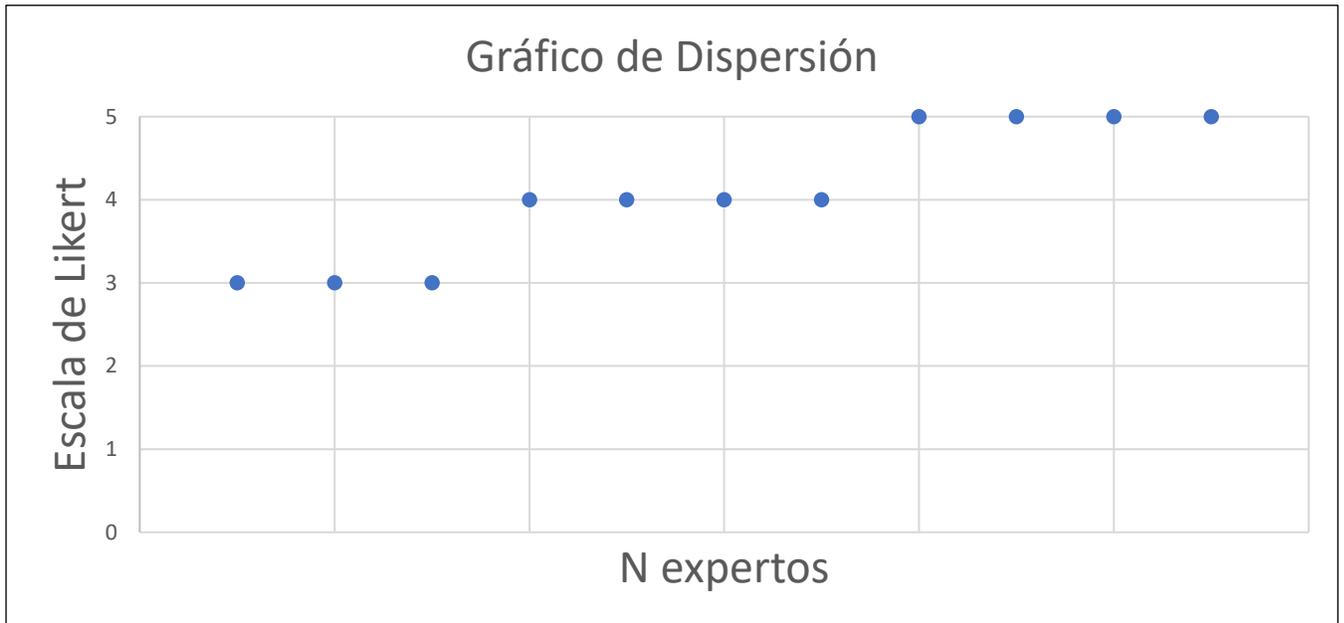
## 9.2 Anexos Gráficos Ronda 2

### 9.2.1 Indicadores Económicos

#### 9.2.1.1 Fase de Mantenimiento y Operación

##### Gráfico 47

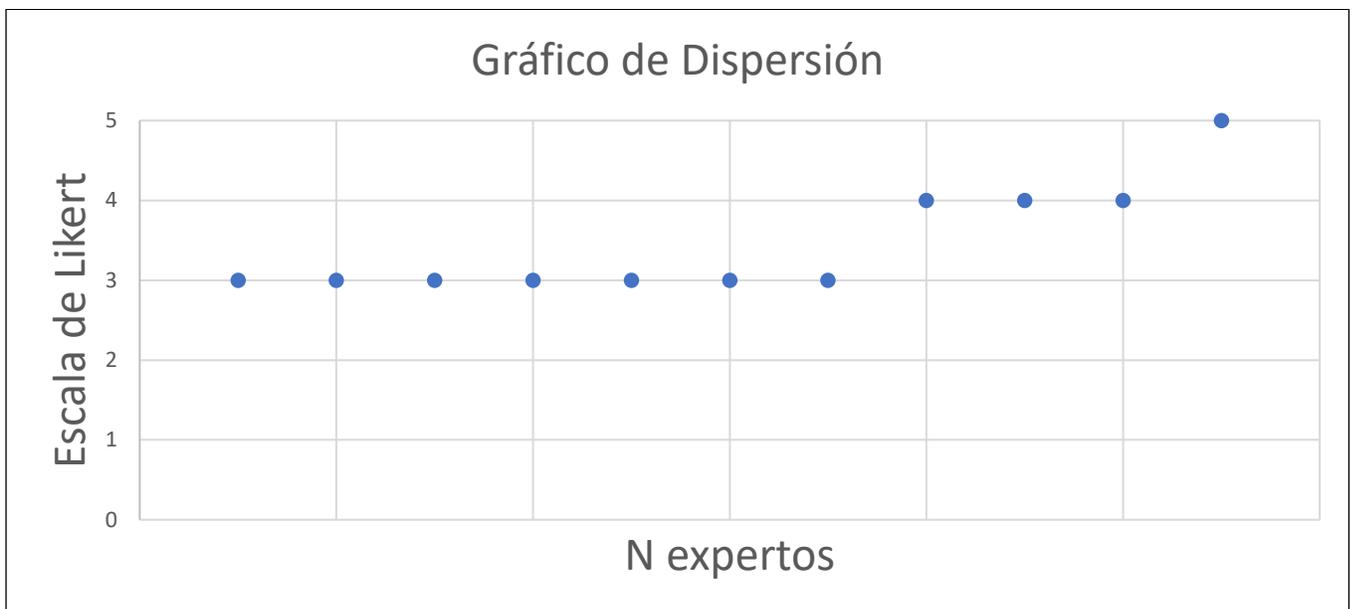
*Gráfico de Dispersión Indicador Balance en las Operaciones Ronda 2*



Fuente: Elaboración Propia

##### Gráfico 48

*Gráfico de Dispersión Indicador Costos de Entrenamiento Ronda 2*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 49**

*Gráfico de Dispersión Indicador Mejoras en la Economía Local Ronda 2*



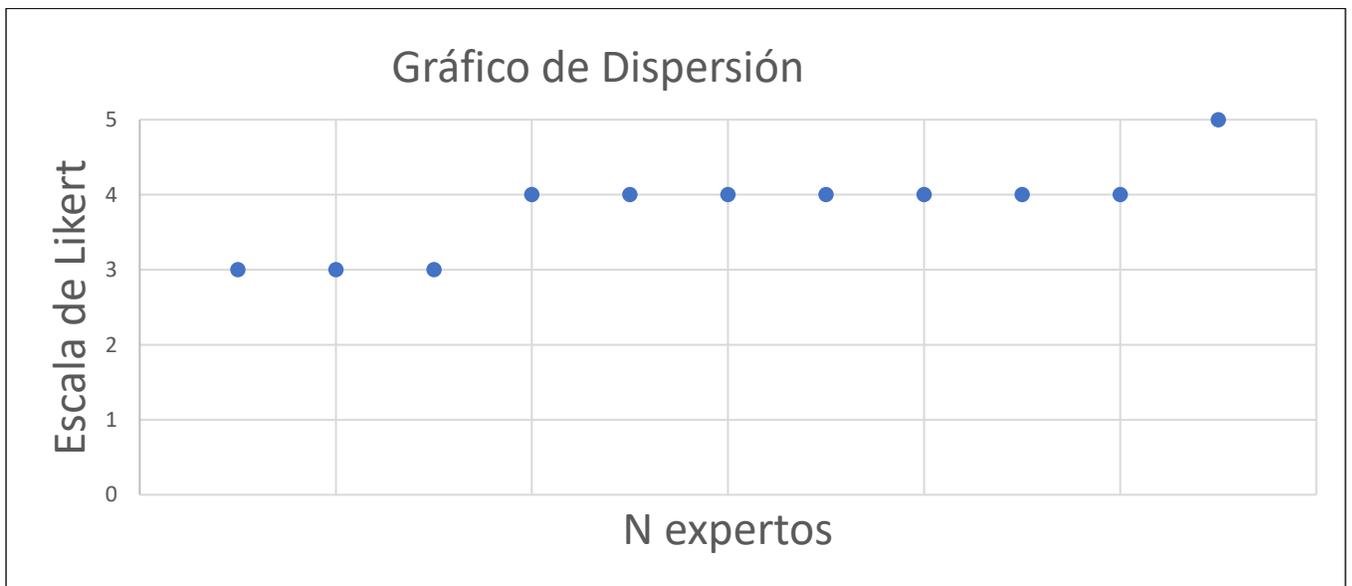
Fuente: Elaboración Propia

9.2.2 Indicadores Sociales

9.2.2.1 Fase de Viabilidad

**Gráfico 50**

*Gráfico de Dispersión Indicador Empleo Ronda 2*

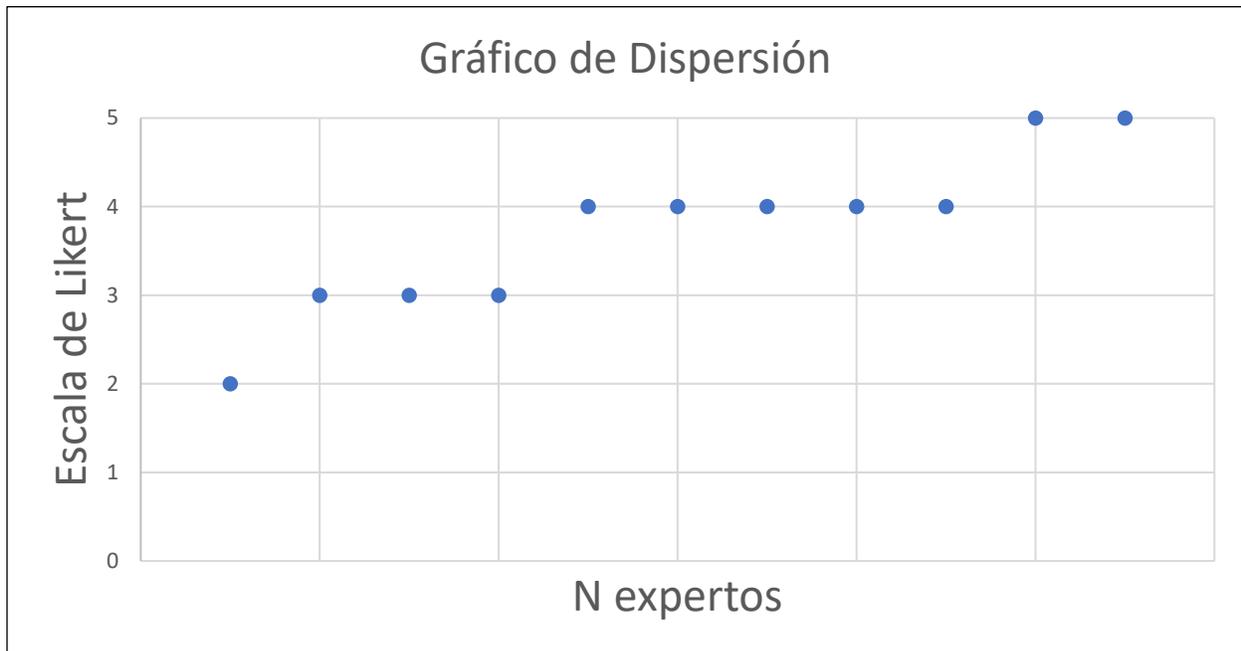


Fuente: Elaboración Propia

9.2.2.2 Fase de Construcción

**Gráfico 51**

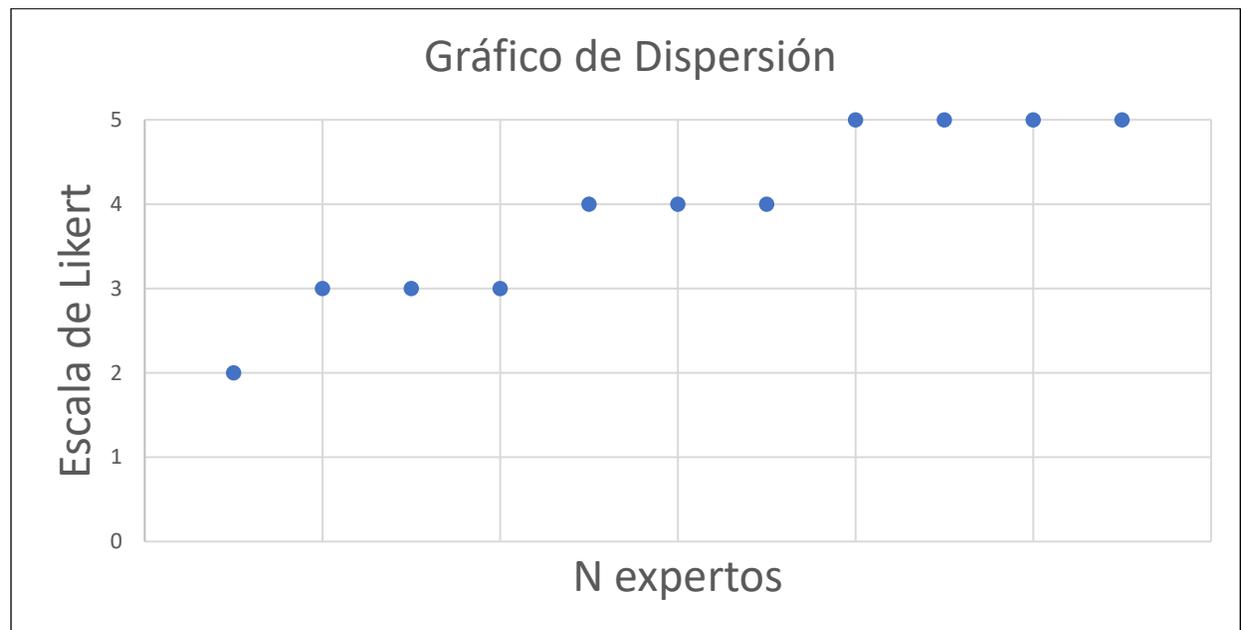
*Gráfico de Dispersión Indicador Empleo Directo Ronda 2*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 52**

*Gráfico de Dispersión Conciencia Ciudadana Ronda 2*

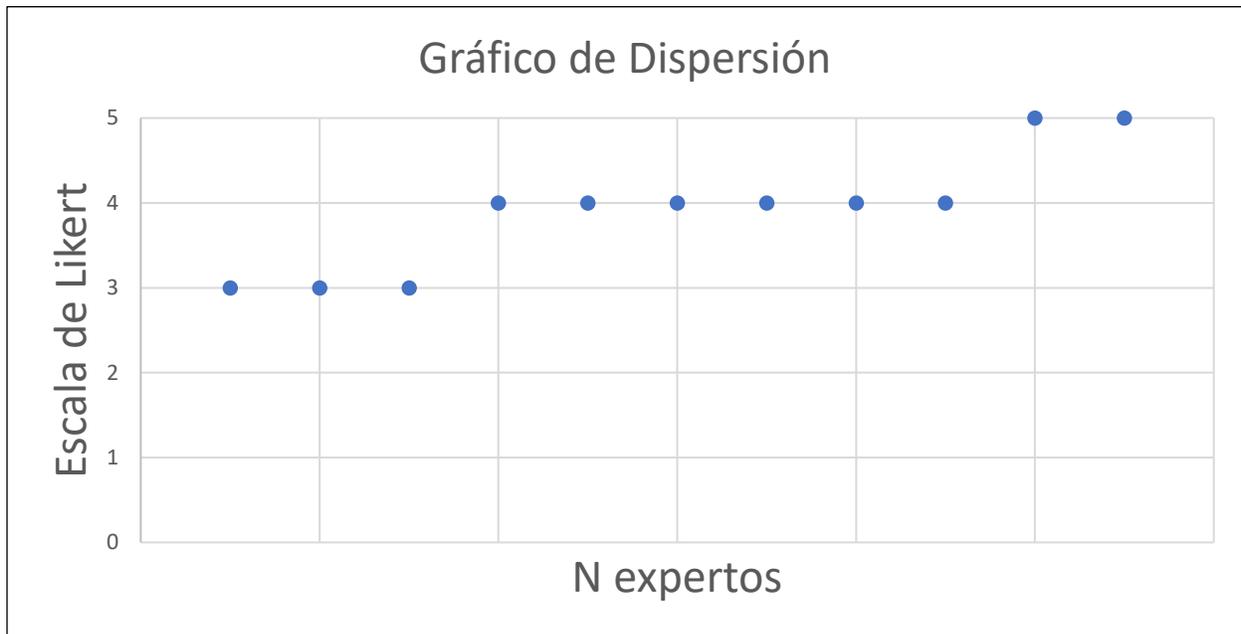


Fuente: Elaboración Propia

9.2.2.3 Fase de Mantenimiento y Operación

**Gráfico 53**

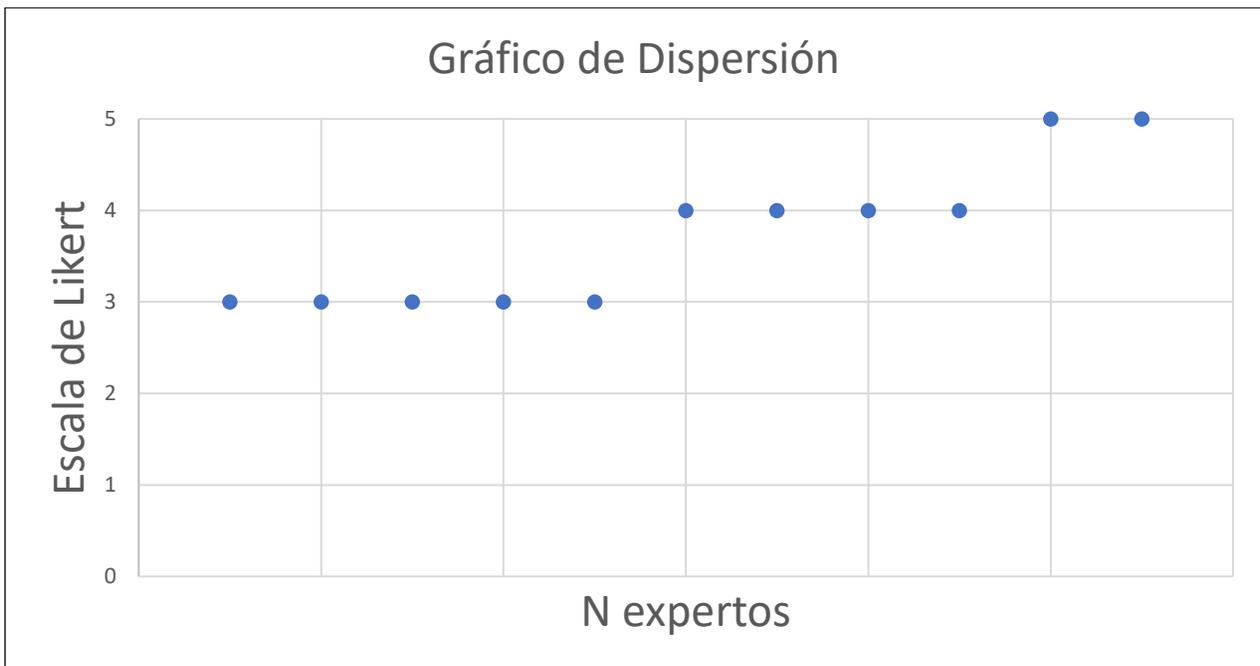
*Gráfico de Dispersión Indicador Disposición de Servicios Ronda 2*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 54**

*Gráfico de Dispersión Indicador Instalaciones Ronda 2*



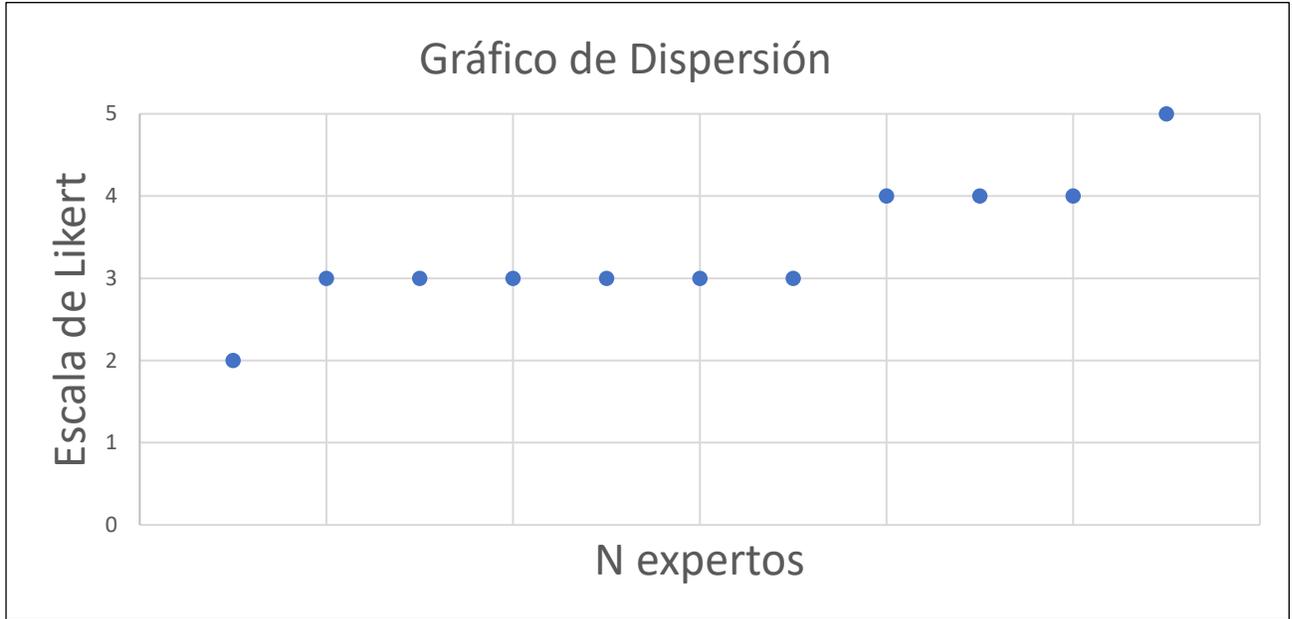
Fuente: Elaboración Propia

9.2.3 Indicadores Ambientales

9.2.3.1 Fase de Diseño

**Gráfico 55**

*Gráfico de Dispersión Indicador Diseño Modular Ronda 2*



Fuente: Elaboración Propia

9.2.3.2 Fase de Construcción

**Gráfico 56**

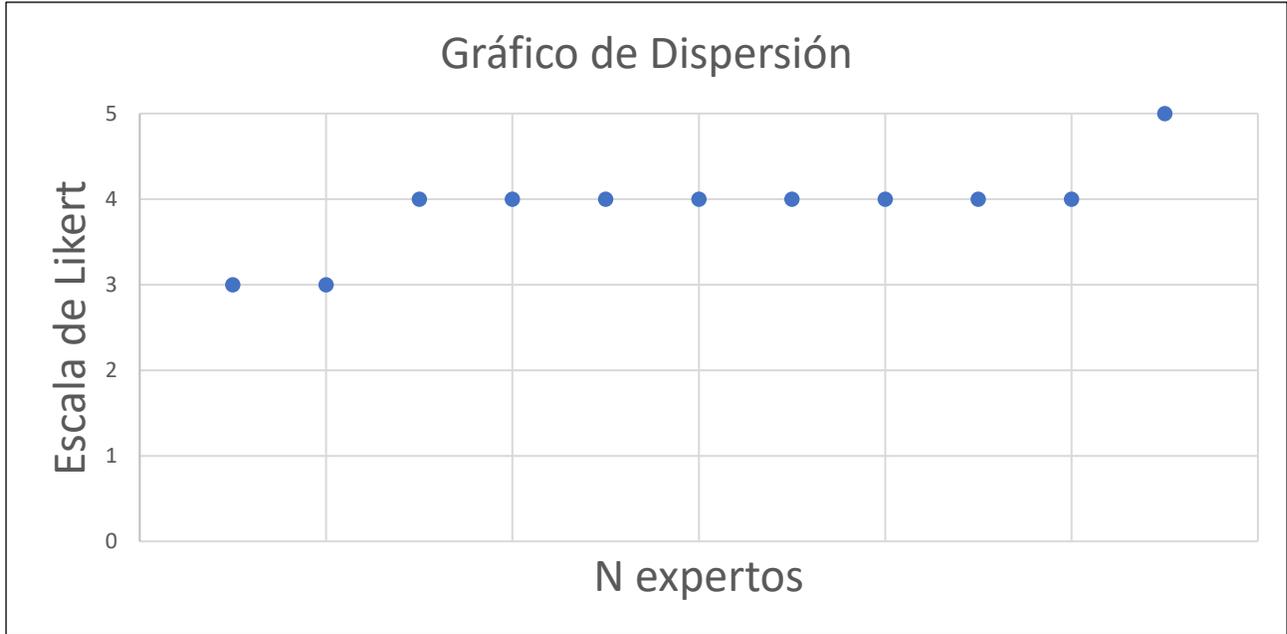
*Gráfico de Dispersión Indicador Contaminación por Generación de Residuos Ronda 2*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 57**

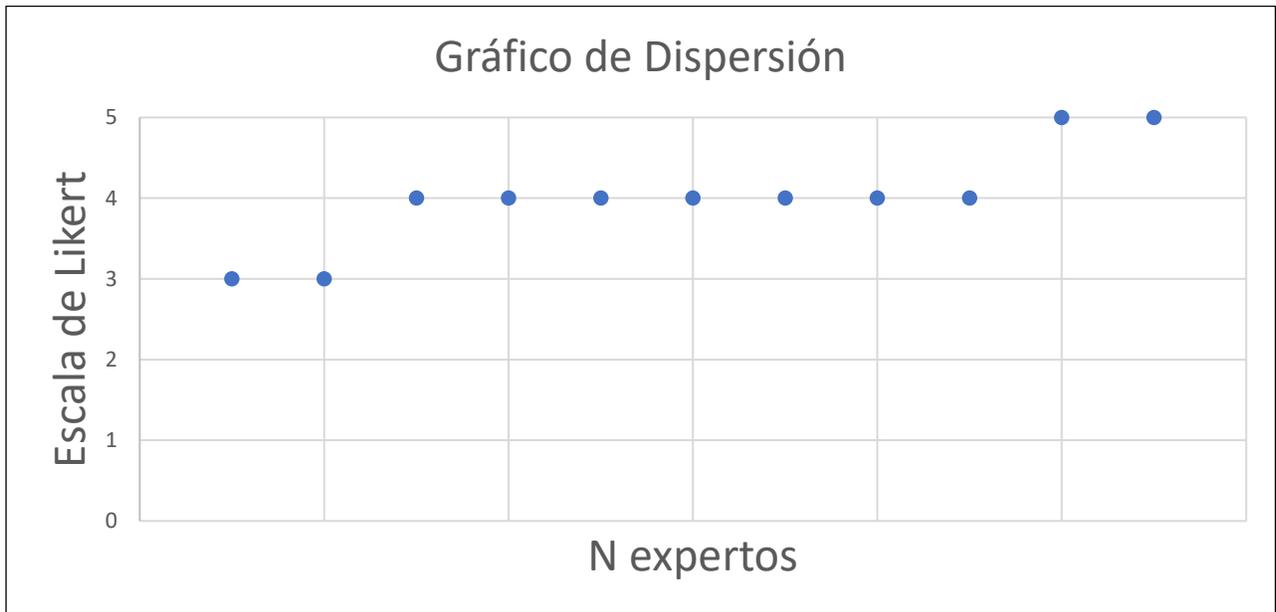
*Gráfico de Dispersión Indicador Contenido de Material Reciclable Ronda 2*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 58**

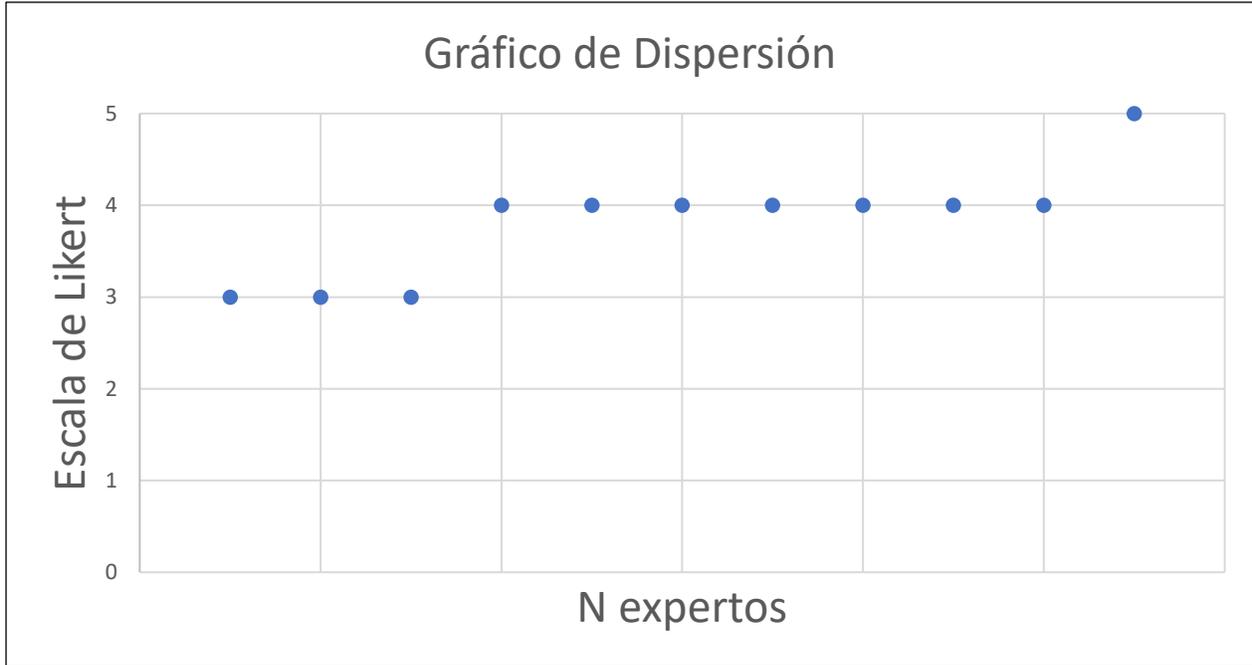
*Gráfico de Dispersión Indicador Elementos Renovables Ronda 2*



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 59**

*Gráfico de Dispersión Indicador Legislación Ronda 2*

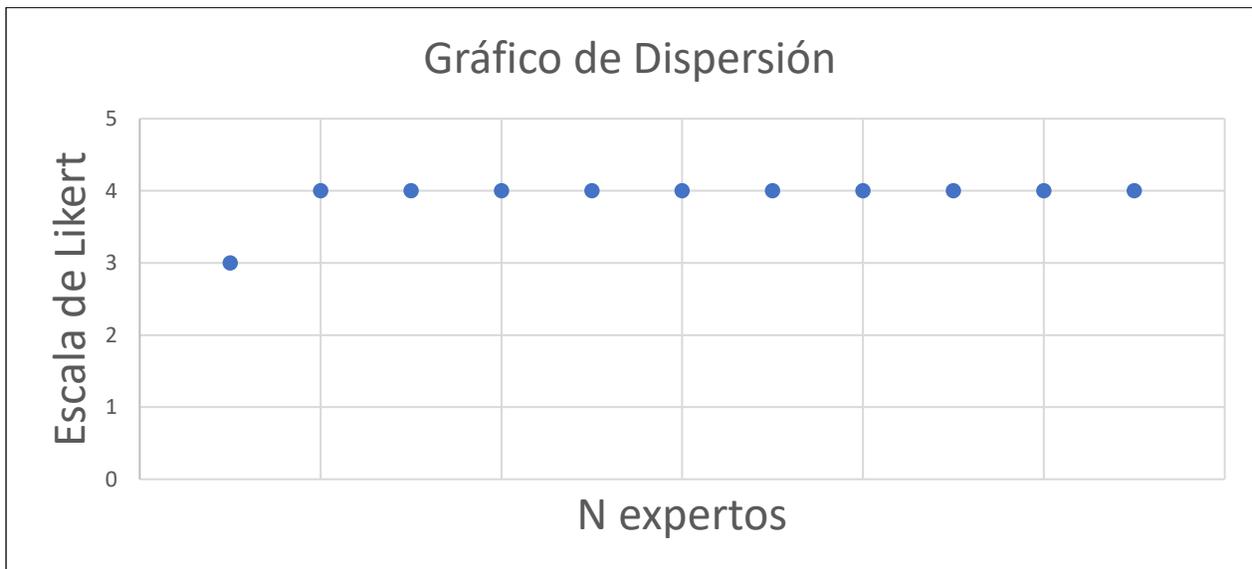


Fuente: Elaboración Propia

9.2.3.3 Fase de Mantenimiento y Operación

**Gráfico 60**

*Gráfico de Dispersión Indicador Operaciones Internas y Externas Ronda 2*



Fuente: Elaboración Propia

### 9.3 Anexos Tablas de Ranking de Importancia

#### 9.3.1 Indicadores Económicos

**Tabla 49**

*Cálculos para determinación del Índice de Importancia Relativa*

Numeración	1	2	3	4	5	A	N	W	RII	Ranking
IEV1	0.00	0.09	0.18	0.55	0.18	5.00	11.00	42.00	0.76	10
IEV2	0.00	0.09	0.09	0.27	0.55	5.00	11.00	47.00	0.85	5
IEV3	0.00	0.00	0.09	0.45	0.45	5.00	11.00	48.00	0.87	2
IEV4	0.00	0.00	0.09	0.36	0.55	5.00	11.00	49.00	0.89	1
IED1	0.00	0.00	0.27	0.73	0.00	5.00	11.00	41.00	0.75	12
IED2	0.00	0.00	0.09	0.55	0.36	5.00	11.00	47.00	0.85	4
IEC1	0.00	0.09	0.18	0.36	0.36	5.00	11.00	44.00	0.80	8
IEC2	0.00	0.09	0.18	0.45	0.27	5.00	11.00	43.00	0.78	9
IEC3	0.00	0.00	0.27	0.36	0.36	5.00	11.00	45.00	0.82	6
IEC4	0.00	0.09	0.18	0.00	0.73	5.00	11.00	48.00	0.87	3
IEMO1	0.00	0.00	0.27	0.36	0.36	5.00	11.00	45.00	0.82	7
IEMO3	0.00	0.00	0.27	0.64	0.09	5.00	11.00	42.00	0.76	11

Fuente: Elaboración Propia

#### 9.3.2 Indicadores Sociales

**Tabla 50**

*Cálculos para determinación del Índice de Importancia Relativa*

Numeración	1	2	3	4	5	A	N	W	RII	Ranking
ISV1	0.00	0.00	0.27	0.64	0.09	5.00	11.00	42.00	0.76	5
ISV3	0.00	0.09	0.18	0.46	0.27	5.00	11.00	43.00	0.78	2
ISD2	0.00	0.00	0.27	0.55	0.18	5.00	11.00	43.00	0.78	3
ISD3	0.09	0.00	0.18	0.64	0.09	5.00	11.00	40.00	0.73	6
ISC2	0.00	0.09	0.18	0.18	0.55	5.00	11.00	46.00	0.84	1
ISMO1	0.00	0.00	0.27	0.55	0.18	5.00	11.00	43.00	0.78	4

Fuente: Elaboración Propia

### 9.3.3 Indicadores Ambientales

**Tabla 51**

*Cálculos para determinación del Índice de Importancia Relativa*

<b>Numeración</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>A</b>	<b>N</b>	<b>W</b>	<b>RII</b>	<b>Ranking</b>
IAV1	0.00	0.09	0.18	0.45	0.27	5.00	11.00	43.00	0.78	12
IAV2	0.00	0.00	0.00	0.55	0.45	5.00	11.00	49.00	0.89	1
IAV4	0.00	0.00	0.27	0.45	0.27	5.00	11.00	44.00	0.80	7
IAD1	0.00	0.00	0.18	0.55	0.27	5.00	11.00	45.00	0.82	2
IAD2	0.00	0.00	0.27	0.45	0.27	5.00	11.00	44.00	0.80	6
IAC1	0.00	0.00	0.27	0.36	0.36	5.00	11.00	45.00	0.82	5
IAC2	0.00	0.09	0.18	0.45	0.27	5.00	11.00	43.00	0.78	13
IAC3	0.00	0.00	0.18	0.73	0.09	5.00	11.00	43.00	0.78	10
IAC4	0.00	0.00	0.18	0.73	0.09	5.00	11.00	43.00	0.78	11
IAC5	0.00	0.00	0.18	0.64	0.18	5.00	11.00	44.00	0.80	8
IAC6	0.00	0.00	0.27	0.64	0.09	5.00	11.00	42.00	0.76	14
IAMO1	0.00	0.00	0.18	0.55	0.27	5.00	11.00	45.00	0.82	3
IAMO2	0.00	0.00	0.27	0.36	0.36	5.00	11.00	45.00	0.82	4
IAMO3	0.00	0.00	0.09	0.91	0.00	5.00	11.00	43.00	0.78	9

Fuente: Elaboración Propia