

Propuesta de indicadores de sustentabilidad para la industria de la construcción. Estudio de caso en Puebla México

Construction industry sustainability indicators. Puebla case study, Mexico.

**Sandra Viridiana García Cabrera¹, Shaila Denisse Santiago Aguilar²,
FranciscoJavierSanchez-Ruiz³**

^{1,2,3} Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Decanato de Ciencias Biológicas. Facultad de Ingeniería Ambiental.

E-mail: sandraviridiana.garcia@upaep.edu.mx

García Cabrera, S.V.; Santiago Aguilar, S.D; Sanchez-Ruiz, F.J. (2021). Propuesta de indicadores de sustentabilidad para la industria de la construcción. Estudio de caso en Puebla México. *Revista Estudios Ambientales*, 9(2), 49-70.

Recibido: 17 de diciembre de 2020

Aceptado: 29 de junio de 2021

Publicado: 30 de diciembre de 2021

RESUMEN

La industria de la construcción se encuentra en constante cambio con demandas cada vez más puntuales y con regulaciones menos específicas dependiendo de la naturaleza del trabajo. En México, a pesar de las normas y reglamentos que existen actualmente, no hay un código de edificación sustentable. Las empresas requieren una guía a base de indicadores que sean fácilmente identificables y aplicables sin importar el tipo de proyecto en que trabajen. En el presente trabajo se realizó un análisis de la percepción de los trabajadores de una empresa caso de estudio (Grupo Constructor BCRd el Bajío S. A. de C. V.) mediante la aplicación de un análisis de percepción de importancia de las áreas del Desarrollo Sustentable. Los resultados se derivan en una serie de indicadores que pueden ser integrados y amplificados al sistema de gestión de cualquier empresa que realice proyectos en el área de la construcción.

Palabras clave: sustentabilidad, indicadores de sustentabilidad, construcción,

ABSTRACT

The construction industry is constantly changing with increasing lyspecific demands and less specific regulations depending on the nature of the work. In Mexico, despite the rules and regulations that currently exist, there is no green building code. Companies require a guide basedonindicators that are easily identifiable and applicable regardless of the type of project they work on. In the present work, an analysis of the perception ofthe workers of a company case study (*Grupo Constructor BCR del Bajío S. A. de C. V.*)was carried out by applying an analysis of the perception of importance of the areas of Sustainable Development. The results are derived in a series of indicators that can be integrated and amplified into the management system of any company that carries outprojects in the construction area.

Keywords: sustaintability, sustaintability indicators, construction industry

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción es tan amplio como importante, sus procesos censables inician desde la extracción de materiales hasta el aprovechamiento de los espacios construidos, y de acuerdo con Rodríguez (2013) esta industria está formada por tres etapas, la primera es la extracción de materiales, la segunda es la etapa de la transformación, donde estas materias primas extraídas son transformadas en productos aprovechables para la tercera y última etapa, la edificación; además dentro de ésta última se encuentra dividida en edificación residencial y no residencial, contemplando obras de agua y saneamiento, electricidad y comunicaciones, transporte y urbanización, petróleo y petroquímica y obras de construcción (Villamor, 2020), de estos se derivan las empresas especialistas en cimentación, cimentación profunda, obra civil, instalaciones eléctricas y sanitarias, acabados, limpieza, pavimentación, terracerías, entre otras.

Es de notarse que el impacto que tiene esta industria en el desarrollo es muy importante, en todas las dimensiones del desarrollo sustentable, desde el aspecto social, que da vivienda y centros de apoyo para la población, hasta la forma en que las construcciones generan importantes movimientos económicos federales y particulares. Uno de los impactos negativos más evidentes, es el impacto ambiental, ya sea por los materiales usados, los residuos generados o por el impacto que tienen en los ecosistemas las nuevas construcciones (Eshassi et al. 2014), en los que, para las empresas que realizan estas construcciones es difícil mantener un control legislativo, especialmente por las demandas específicas e individuales de cada cliente.

Dada la importancia del sector a nivel nacional, que, de acuerdo con Villamor (2020) es el equivalente a 6 millones de empleos impactando en 183 de las 263 actividades económicas registradas por el INEGI, es necesario que se pueda medir su desarrollo acorde la situación actual, es decir, desde un punto de vista sustentable.

Hasta el momento, no se ha encontrado una metodología que permita al sector de la construcción en México medir el nivel de sustentabilidad que tiene el desarrollo de los proyectos, de acuerdo al Centro Mario Molina (2012) solo el 3% de los municipios disponen de reglamentos de construcción, y los reglamentos que existen carecen de enfoques integrales de edificaciones sustentables, así mismo, menciona que de las 19 normas mexicanas oficiales respecto al uso de energía solamente dos se dirigen al sector de edificaciones durante su desarrollo (Reyes, 2015; Romero et al., 2016; García-de-la-Torre et al. 2010; Dayton, 2018), si bien la sustentabilidad de las edificaciones es medible (Souza,

2020), no lo es para el desarrollo de las actividades de edificación; lejos de las certificaciones, surge en el mundo la necesidad de celar por la sustentabilidad de los procesos de construcción, desde los carreteros (Paredes-Vega et al., 2019), hasta el proceso de edificios de propósito comercial o residencial (Jay, 2017; Yadegaridehkori et al., 2020; Liu et al., 2018) es por eso que esta propuesta tiene un valor teórico ya que permitirá la adaptación de metodologías existentes a la situación que se vive en el país, dentro del sector de la construcción.

Durante la etapa de edificación es donde se genera el mayor consumo de productos específicamente fabricados/extraídos con el propósito de la construcción, como recubrimientos cerámicos, tuberías sanitarias, cableado, fabricación de concreto entre otras, es decir, provenientes de industrias de transformación o explotación que son mayormente regulados.

Es importante recalcar que México es uno de los países que firmó el acuerdo de París en 2015, por lo tanto, está obligado a realizar acciones para cumplir con los objetivos establecidos en la Agenda 2030. El sector de la construcción impacta directa e indirectamente en varios de los objetivos planteados, sin embargo, con base en los indicadores seleccionados por el gobierno del estado de Puebla, el sector de la construcción impacta directamente en dos objetivos (ONU, 2016). El primero es el objetivo 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”, específicamente en la meta 11.6, y el 8 “Trabajo decente y crecimiento económico”.

Esta industria se encuentra en constantemente en cambio, con demandas cada vez más particulares y con regulaciones menos específicas por la naturaleza del trabajo.

La Comisión para la Cooperación Ambiental (2008) reportó que en México la industria de las edificaciones es responsable del 17% del consumo de energía, 5%, del consumo total de agua, 25% del consumo total de energía, 20% de las emisiones de dióxido de carbono y 20% de los desechos que se generan. Si se considera que el avance en construcciones sustentables ha sido mínimo en comparación con el aumento de proyectos de construcción, se puede suponer que estos consumos han aumentado generando graves afectaciones al medio ambiente.

Visto desde lo social, el sector de la construcción genera un alto número de empleos, sin embargo, en la mayoría de los proyectos de construcción se utiliza mano de obra poco calificada con pocas posibilidades de promoción y estos suelen ser además, empleos

temporales, lo cual aumenta los riesgos que puede haber por inseguridad (Ramos et al., 2016).

Ahora bien, el país carece de un código de construcción ecológica sustentable (CCA, 2014), existen organismos como la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) y la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), existen normas técnicas, reglamentos y documentos que podrían conformar un código de edificación sustentable, pero hasta el momento es algo que no se ha realizado. Lo que implica también la carencia de un modelo de desarrollo sustentable para la industria de la construcción, así como indicadores generales que puedan aplicarse a cualquiera de los sectores de la construcción y que esto permita medir el nivel de desarrollo sustentable de cualquier proyecto.

La construcción sustentable de acuerdo con Ramos et al. (2016) implica una visión integrada, es decir, desde la extracción de materias primas hasta la gestión de residuos una vez derribada la obra, y dentro de este proceso se debe hablar de temas como un consumo eficiente de agua y energía, protección de las zonas de construcción y aprovechamiento de infraestructuras previas o generar condiciones para disminuir el uso de transporte privado y sobre todo minimizar el desperdicio de materiales y tomar en cuenta el impacto causado por la extracción y producción.

A pesar de que el sector de la construcción representa en el país dos terceras partes de la economía y contribuye con una quinta parte del crecimiento económico, la medición de su desarrollo se mide principalmente desde el punto de vista económico (CMIC, 2016) sin considerar los impactos sociales o ambientales que puedan existir. Dada la importancia del sector a nivel nacional, es necesario que se pueda medir su desarrollo acorde la situación actual, es decir, desde un punto de vista sustentable.

El presente estudio se centra en una empresa dedicada a la construcción de caminos (Grupo Constructor BCR del Bajío S. A. de C. V.), terracería y excavaciones en construcción, con el propósito de identificar y priorizar aquellas áreas en las que se pueda proponer indicadores de sustentabilidad, así como su forma de medición, para alcanzar el objetivo de ser funcional, no solo para el sector de terracería, si no en el sector de la construcción completo que permita a las empresas. Lo que permita a las empresas desarrolladoras y constructoras certificar las edificaciones completas (Souza, 2020), así como el proceso de edificación mejorando el desempeño y competitividad de las empresas constructoras mediante la propuesta de los indicadores de sustentabilidad que les permitan hacer medible su capacidad sustentable, volviendo más competitiva a la empresa,

mejorando los servicios y disminuyendo las pérdidas por factores ambientales y principalmente aquellos enfocados en la sustentabilidad y sostenibilidad, desde la perspectiva de mejora continua (Gobierno de México, 2018).

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión del estado del arte para encontrar referencias a trabajos similares dentro del período de 2010-2020 principalmente, debido al alcance de los estudios en materia de construcción, que se centran en las edificaciones terminadas y no necesariamente en el proceso constructivo.

Con la información recabada aplicable al sector de excavación y terracería se realizó una matriz para identificar los indicadores que se han utilizado para promover el desarrollo sustentable en el sector de la construcción, esto para poder analizar la información de manera esquemática.

A partir de la matriz generada se identificaron indicadores en común, estos se utilizaron para generar una encuesta la cual se midió con una escala de Likert, dicha encuesta se aplicó a los altos y medios mandos de la empresa Grupo Constructor BCR del Bajío, que tienen un puesto de toma de decisiones y que hayan participado en proyectos del sector de la construcción por al menos 1 año.

Se realizó un análisis estadístico, no probabilístico de los resultados obtenidos, clasificando los indicadores presentados por orden de importancia a partir de la percepción de los profesionistas de los altos y medios mandos, dando paso a la propuesta de los indicadores aplicables a la empresa caso de estudio, que pueden ser trasladables a otras especialidades del sector de la construcción.

Matriz de indicadores

En la Tabla 1, se presenta la matriz generada. Para su realización se consideraron trabajos antecedentes que aplicaron análisis de indicadores de sustentabilidad en proyectos o empresas dedicadas al área de la construcción. También se consideraron metodologías que se adoptaron en otros países como Green Roads o Infrastructure Sustainability.

Se agruparon los indicadores de acuerdo a la dimensión a la que estaban enfocados, ya sea ambiental, social, económica, gubernamental/institucional, pero también se distinguieron aquellos trabajos que hablaban sobre algún otro punto en específico, como el área de Salud en el caso de Infraestructura Verde (Pakzad et al., 2017).



Tabla 1. Matriz de Indicadores

Sector	Subdivisión	Dimensión					Referencia
		Ambiental	Social	Económica	Institucional	Salud	
Movilidad	Transporte inteligente y ecológico	Calidad del transporte Capacidad de transporte público Red de bicicletas					
	Conectividad de infraestructura vial	Próximidad de tránsito Valoración del transporte Infraestructura para el transporte privado Infraestructura para el transporte público Infraestructura para las bicicletas Estacionamiento flexible Estacionamientos inteligentes Instalaciones de transporte público Instalaciones para bicicletas Equipamientos	Accesibilidad al transporte privado Accesibilidad al transporte público				Nieto <i>et al.</i> (2015).
	Peatonabilidad	Plan de transporte y estrategia peatonal Reducida dependencia del automóvil Radio peatonal Calidad de la infraestructura peatonal Red peatonal Accesibilidad peatonal	Prioridad peatonal Calles seguras y atractivas Movilidad de peatones				
Infraestructura verde	Modificaciones al clima y microclima Mejoras a la calidad del aire Efecto de carbono Reducción de energía usada para calentar y enfriar Regulación hidrológica Protección y mejoras a la biodiversidad	Producción de comida Oportunidades para recreación, turismo e interacción social Mejorar caminos peatonales y sus conectividades	Valor de emisiones de CO2 y carbono evitadas Valor de consumo de energía evitado Valor de contaminación del aire removido/absorbido Costos reducidos del uso de coches particulares por el incremento de caminar y el uso de bicicletas		Mejorar el bienestar físico Mejorar el bienestar social Mejorar el bienestar mental	Pakzad <i>et al.</i> (2017)	



Sector	Subdivisión	Dimensión					Referencia
		Ambiental	Social	Económica	Institucional	Salud	
	Construcción de caminos	Prevención del impacto de derrames de los equipos durante la construcción	Población beneficiada población aledaña a la ruta Mejorar la accesibilidad, la seguridad y la señalización de las obras Incluir paradas de autobús y acceso peatonal	Tipo de carpeta a utilizar Flujo vehicular diario (TMDA) Uso típico del camino antes de la mejora / tiempo de viaje asociado Geometría del camino Ancho medio de la calzada			Parodcs-Vega <i>et al.</i> (2019)
	CEEQUAL	Uso de suelo y paisaje Medio ambiente histórico Ecología y biodiversidad Agua medioambiental Recursos físicos	Gente y comunidades Transporte		Proyectos estratégicos Gestión de proyectos		
	ENVISION	Asignación de recursos Mundo natural Cambio climático y riesgo	Calidad de vida		Liderazgo		Criffiths <i>et al.</i> (2017)
	GREENROADS	Medio ambiente y agua	Acceso y equidad Actividades de construcción Créditos de clientes	Requerimientos de proyecto Materiales y recursos Tecnologías de pavimento			
	INFRASTRUCTURE SUSTAINABILITY	Uso de recursos Materiales y residuos Ecología	Personas y lugares		Gestión y gobernanza Innovación		
	Construcción sustentable	Naturaleza de los materiales Durabilidad de los materiales Utilización de materiales y recursos recuperados (Reutilización de materiales) Reciclaje de materiales Materiales con distintivos de garantía de calidad ambiental Energía consumida en el transporte Energía utilizada en el proceso de construcción de la vivienda Consumo energético de la vivienda Utilización de fuentes de energía naturales mediante dispositivos tecnológicos Residuos y emisiones generados en el proceso de construcción de la	Formación y profesionalización de todos los trabajadores en el ámbito ambiental Planear seguridad desde el diseño Documentar accidentes y daños Documentar acciones preventivas Documentar tallas de maquinaria y equipo Capacitar al personal en materia preventiva Documentar entrenamiento de personal Conocer el origen de los accidentes Realizar el análisis de riesgos Sistema de control y prevención de riesgo				Ramos <i>et al.</i> (2016)
	Viviendas sustentables	Uso de suelo Abastecimiento de agua Abastecimiento de energía Ecotoxicidad Formación de oxidantes fotoquímicos Cambio climático Toxicidad humana Acidificación Manejo y disposición de residuos sólidos	Variación de los espacios Adecuación de los espacios Influencia del tamaño de los espacios en las relaciones familiares Calidad de los materiales Índice de hacinamiento Variación en el entorno Suficiente de equipamiento urbano Organización de los vecinos Espacios públicos Convivencia social Administración vecinal Índice de Rezago Social (RS) Variación en los servicios de transporte Tiempo de transporte	Variación en el gasto familiar Ahorros por la implementación de ecotecnologías Gastos de vivienda como porcentaje del ingreso Gastos de transporte como porcentaje del ingreso Formación de patrimonio Plusvalía			Molina (2012)

Instrumento de reconocimiento y evaluación

Con base en la matriz de indicadores se seleccionó aquellos con mayor incidencia en el ramo de la construcción de terracerías y excavación, actividad de construcción en la que se desempeña Grupo Constructor BCR del Bajío S. A. de C. V.

Se plantearon 36 preguntas, 5 de información general, como antigüedad en la empresa, edad, cargo y preparación, y 31 preguntas referentes a la priorización de indicadores de sustentabilidad en cada dimensión aplicable. La encuesta fue aplicada a través de un formulario de Google debido a las limitantes que existen para las reuniones presenciales dada la situación de pandemia que existe actualmente, sin embargo, en el Anexo 2 se muestra la encuesta realizada.

Las preguntas de identificación de importancia de indicadores en la empresa se plantearon en escala de Likert en 5 puntos, siendo 1 Nada importante y 5 Extremadamente importante. Los rubros contemplados para este reconocimiento fueron:

- Uso de recursos
- Gestión de residuos
- Interés en la innovación tecnológica
- Generación de empleo
- Interés en el desarrollo del personal
- Calidad en el desarrollo/fin de proyectos
- Satisfacción de clientes y colaboradores
- Interés y relación de con la legislación vigente
- Crecimiento y competitividad económica y ambiental
- Iniciativas de políticas institucionales

La confiabilidad del instrumento se midió con el método de división por mitades, usando el coeficiente de Rulon (Reidl-Martínez, 2013).

De acuerdo con los resultados del instrumento se tomaron las calificaciones más altas para la construcción de indicadores medibles en función del rubro.

Una de la maneras de hacer proyecciones con los resultados obtenidos de las encuestas realizadas por la situación de pandemia, se implementa un sistema de estadística probabilístico basado en inferencia con sistemas de jerarquización para cada uno de los indicadores presentes, esto se realiza mediante un modelo de inteligencia artificial, es decir, se establece cada una de las entradas de un modelo de red neuronal artificial (Figura 1), como uno de los indicadores presentes en la encuesta realizada, una de las limitantes es el

espacio muestral, pero se considera que las redes neuronales al ser un sistema de inteligencia artificial realiza proyecciones en función de un modelo matemático y valores iniciales, los cuales pueden ser inferidos desde un mínimo hasta un máximo.

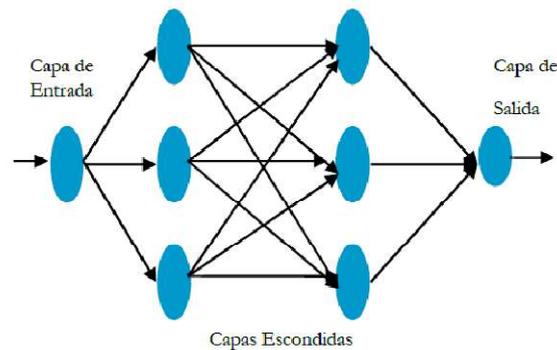


Figura 1. Estructura de una Red Neuronal Artificial Multicapa

El modelo matemático se basa en ecuaciones que tiene dependencia de los valores iniciales o valores obtenidos de forma experimental (Ec. 1)

$$\nabla \cdot \sigma_i w_i = \frac{\partial(\sigma_i w_i)}{\partial x} + \frac{\partial(\sigma_i w_i)}{\partial y} + \frac{\partial(\sigma_i w_i)}{\partial z}$$

Ecuación 1. Red neuronal artificial multicapa

Donde σ_i denota la función de excitación la neurona, generalmente depende de la aplicación que se dará a la red esta función, para el caso de estudio se implementó la función tipo base radial (Ec. 2), w_i son los pesos sinápticos los cuales pueden ser establecidos como un máximo o un mínimo; también se pueden obtener de la experimentación, para el caso de estudio se establece como una variable probabilística de máximo-mínimo por ser tan limitado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cálculo de la confiabilidad del instrumento de evaluación se realizó bajo la ecuación del coeficiente de Rulon, obteniendo:

$$r = 1 - \frac{s_d^2}{s_x^2} = 0.932$$

Ecuación 1. Ecuación del coeficiente de Rulon.

Que es un resultado altamente confiable, de acuerdo con los parámetros de medición (0-1).

Resultados del instrumento de medición

Grupo Constructor BCR del Bajío S. A. de C. V. es una empresa pequeña, que actualmente cuenta con un total de 10 empleados, desde los 21 a los 32 años, entre personal de oficina, outsourcing fijo y personal de campo, ya que por circunstancias de contingencia COVID-19 no cuentan con proyectos activos que incrementen las entradas de información para los propósitos requeridos.

Conforme a los datos obtenidos, la empresa cuenta únicamente con un 20% de personal femenino, lo que puede orientar a un indicador de integración.

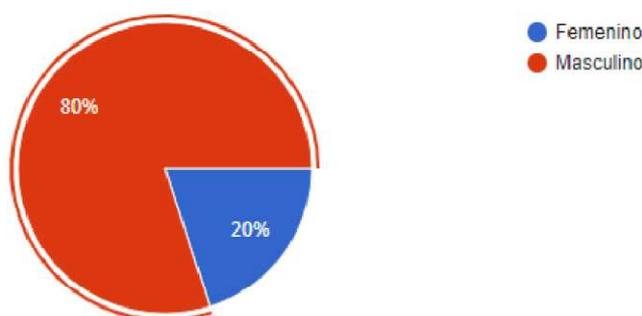


Figura 2. Relación de personal femenino-masculino.

Los resultados señalan que los trabajadores perciben como más importantes los ítems referentes al cumplimiento de la legislación por parte de la empresa, no así de los proveedores, en iniciativas institucionales para el reconocimiento del personal, cuidado ambiental y la preocupación del uso de materiales de calidad en los proyectos, dejando áreas de oportunidad abiertas en gestión de residuos, en el que solo el 50% del personal considera que la empresa se preocupa por este rubro, del mismo modo ocurre con la inversión en innovación de tecnología en la maquinaria y equipos usados y la cantidad de personal suficiente para el desarrollo de las actividades en campo, así como la conservación del personal dentro de la empresa.

Los ítems con mayor discrepancia se presentan en la Figura 3



Figura 3. Ítems con mayor discrepancia en percepción de importancia.

Los mandos medios y altos emitieron su opinión acerca de la mejora del desempeño sustentable de la empresa, refiriéndose a las dimensiones en las que la misma debe mejorar, esto resumido en la Figura 4.

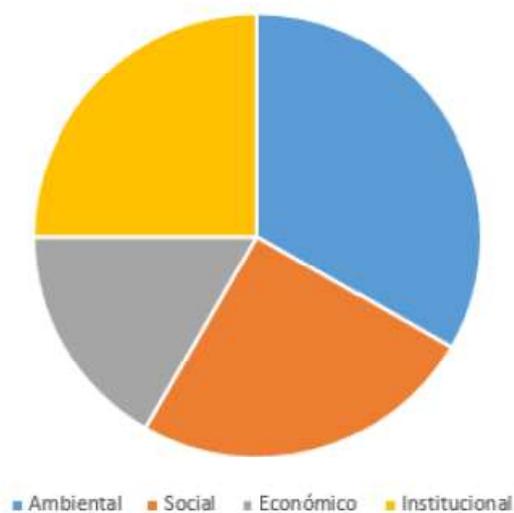


Figura 4. Percepción de mejora en las dimensiones del DS.

De acuerdo con estos resultados el 90% de los encuestados considera que la propuesta de indicadores puede mejorar el desempeño y competitividad de la empresa en el mercado, tal como se muestra en la Figura 5.

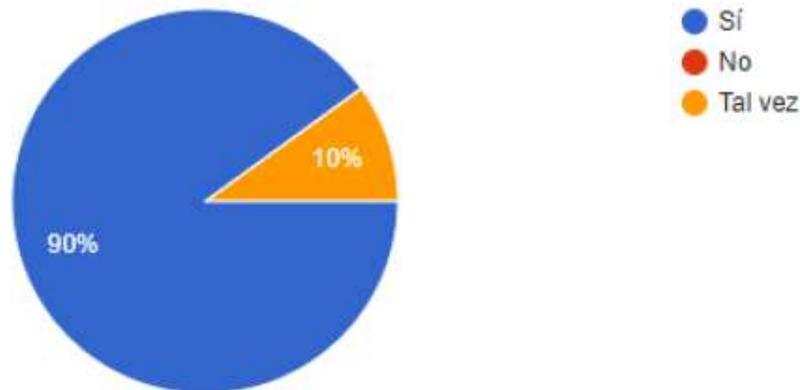


Figura 5. Percepción de mejora a través de indicadores.

Propuesta de indicadores

Con base en los hallazgos de la matriz de indicadores y la percepción de importancia y áreas de oportunidad del Grupo Constructor BCR del Bajío S. A. de C. V. se proponen los siguientes indicadores en de la Tabla 2 hasta la Tabla 5, en las que se muestra su forma de medición y una propuesta de cumplimiento a corto plazo que será ajustado de acuerdo a las necesidades y alcances de la misma empresa. En este trabajo se propone dar prioridad al indicador de “Sistema de Gestión Integral” en la dimensión institucional, que además podrá ser el sustento del resto de indicadores para su control, registro y modificación.

Los resultados mostrados por la red neuronal se establecen mediante se establece mediante una ruta de decisión (Figura 6) esta ruta de decisión muestra que el factor más importante es la calidad de trabajo y ganancias en función de los indicadores analizados en la tablas mencionadas.

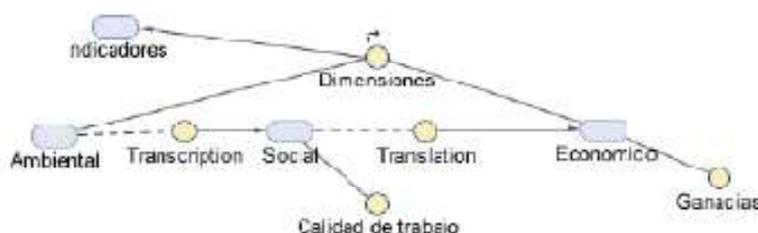


Figura 6. Ruta de decisión.

Se establece el diagrama de Pareto para la determinación probabilística del modelo planteado de inteligencia artificial, en la Figura 7 se muestra el diagrama de Pareto en donde la probabilidad muestra que existe un mismo nivel en los indicadores.

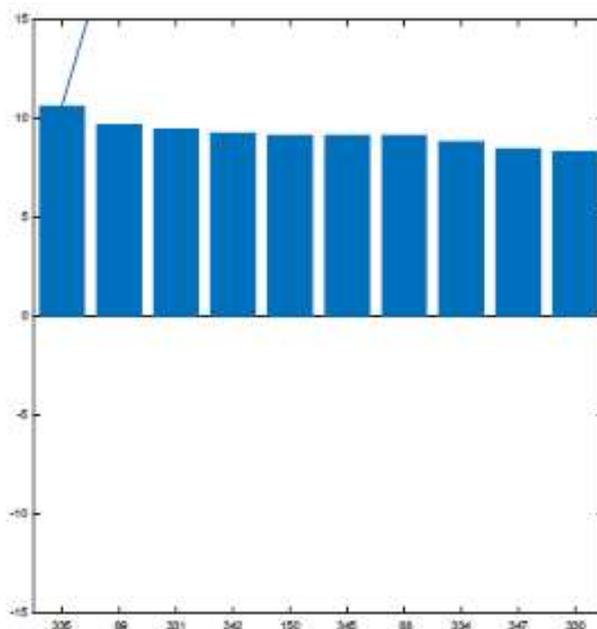


Figura 7. Diagrama de Pareto

Incluidos en los manuales de Medio Ambiente, Seguridad y Salud en el trabajo, cumpliendo los compromisos de la empresa y los objetivos de enfoque ambiental, reduciendo la cantidad de residuos generados por mantenimiento de maquinaria y equipo, la adecuada disposición de los mismos y su cumplimiento con la legislación en materia de consumo responsable, al menos hasta el punto de poder modificar dichos manuales y considerar el uso de materiales alternos.

Integrado a los planes de calidad y programas de capacitación de personal con el fin de mantener el empleo de, al menos, los mandos medios y altos, planificando ir a la mejora y a ofrecer servicios a cargo de personal altamente calificado.

Tabla 2. Propuesta de indicadores para la dimensión ambiental.

DIMENSIÓN DE SUSTENTABILIDAD	OBJETIVO	INDICADOR	META
Ambiental	Reducir/mantener el número de mantenimientos correctivos en maquinaria	# De mantenimiento correctivo/horas-uso	En un año y medio reducir a la mitad el número de mantenimientos correctivos por cada determinado número de horas de uso
	Elcgir proveedores de materiales de banco con licencia ambiental federal/estatal	No. De proveedores con licencia de extracción estatal/federal	En un año el 100% de los proveedores de material de banco tendrán autorización estatal o federal para la extracción de materiales
	Generar conciencia del uso adecuado de los recursos	No. De campañas o capacitación ambiental/ año	En dos años contar con campañas de participación de cuidado ambiental
	Clasificar disminuir y disponer de los residuos generados en obra de manera adecuada	No. De contenedores de reciclaje por proyecto Volumen producido/lipo de residuo	En un año disminuir el volumen de RP y RME generados por proyecto (promedio)

Tabla 3. Propuesta de indicadores para la dimensión social.

DIMENSIÓN DE SUSTENTABILIDAD	OBJETIVO	INDICADOR	META
Social	Mantener al personal de mandos medios y operativo capacitado para evitar tiempos muertos y/o re-trabajo	Horas de capacitación-año/trabajador	6 horas-año /trabajador
	Mantener como personal fijo a los mandos medios y altos, rotatorio en los proyectos	No. De trabajadores mantenidos/año	En un año al menos el 70% de los mandos altos y medios se mantendrán dentro de la empresa
	Mantener un espacio seguro para los trabajadores	No. De incumplimientos de requisitos mínimos/legislación	En un año mantener el incumplimiento en 0
	Incrementar la inclusión (género y diversidad)	No. De trabajadoras en oficina/ #de trabajadores en campo	En un año al menos el 40% del personal serán mujeres/personas con capacidades diferentes

Tabla 4. Propuesta de indicadores para la dimensión económica.

DIMENSIÓN DE SUSTENTABILIDAD	OBJETIVO	INDICADOR	META
Económico	Disminuir las deductivas por tiempo muerto	Utilidad neta por proyecto/año	Por cada cierre de proyecto se reducirá en un 4% el número de deductivas promedio por tiempos muertos
	Aumentar la utilidad neta por proyecto		Aumentar en un 2% la utilidad neta de cada proyecto/año
	Mantener la productividad del personal	No. Trabajadores por proyecto	En 1 año tener personal suficiente para rotación en proyectos, ahorrando en tiempos extra y contrataciones

Las contratistas generan concursos con costos estimados de un catálogo que contempla desde el número de personal, la fianza del seguro de obra, hasta el último pequeño insumo utilizado en la ejecución de trabajos, en el mismo se refleja una ganancia que se espera tener al concluir la obra, normalmente estimada en un 15-20% del monto total del proyecto. Teniendo en cuenta que en cada proyecto habrá deductivas por hallazgos o condiciones de sitio, se ataca la parte de “deductivas controlables”, como aquellas referidas por tiempos muertos derivados de tiempos muertos por mantenimiento o tiempo de cumplimiento en ejecución de trabajos, reflejándose directamente en la utilidad neta de cada proyecto.

Tabla 5. Propuesta de indicadores para la dimensión institucional

DIMENSIÓN DE SUSTENTABILIDAD	OBJETIVO	INDICADOR	META
Institucional	Generar un Sistema de Gestión Integral que permita cumplir con los objetivos de la empresa y los requerimientos de los clientes	% de satisfacción del cliente	Al final de cada proyecto mantener al menos el 90% de satisfacción del cliente
	Incrementar la competitividad tecnológica de la empresa	No. De maquinaria y equipo renovado	En 5 años al menos el 60% de la maquinaria y equipo contará con tecnología reciente
	Mantener la calidad de los materiales requerida por los clientes	No. Requisitos de calidad cumplidos	En un año al menos el 90% de los requisitos de calidad requeridos por el cliente estarán cumplidos

Integrado a la evaluación del SGI, dentro del manual de calidad y apoyado con las encuestas diseñadas y aplicadas a cada cliente, respaldado por aquellos registros que plasmen el cumplimiento de los requerimientos del cliente y cumplan con los objetivos planteados por la empresa.

CONCLUSIONES

La percepción de la importancia de ciertos factores influyentes en el desempeño de la empresa puede verse relacionado con la posición jerárquica del encuestado, por lo que los

resultados de los mandos medios y altos refieren datos más homogéneos; lo cual señala las áreas de oportunidad y las fortalezas de la empresa, abriendo camino a la medición de indicadores realistas que permiten la determinación de metas alcanzables. Se estableció solo una empresa como caso de estudio esto debido a la presencia a nivel nacional que tiene una capacidad de servicio en 12 de los 32 estados de la República Mexicana, en donde presta servicio directo, 6 estados es una empresa que presta servicio indirecto para otras empresas del giro de la construcción.

Con la aplicación de los indicadores propuestos se mejorará el desempeño de la empresa y su competitividad, así como la contribución que se realizará para el cumplimiento de los objetivos del desarrollo sustentable 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y 8 (Trabajo decente y crecimiento económico) de la agenda 2030.

En México es necesario comenzar a regular e impulsar que industrias como el de la construcción apliquen indicadores de sustentabilidad a los procesos que realizan, el presente trabajo sirve como una guía pero también puede sentar las bases para la creación de políticas públicas que exijan la aplicación de modelos de sustentabilidad a sectores que tienen un alto impacto en el desarrollo económico, social y ambiental, dentro del país.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Popular Autónoma de Puebla por la oportunidad de estudio que nos permite.

A Grupo Constructor BCR del Bajío S. A. de C. V. por permitir ser el caso de estudio.

A CONACYT por las beca otorgadas, 2019-000037-02NACF-08410 y 2019- 000037-02NACF-08482.

BIBLIOGRAFIA

- Achkar M., Cantón., Cayssials R., Domínguez A., Fernández G. & Pesce F. (2005). *Ordenamiento ambiental del territorio*. Área Científico Tecnológica, Uruguay. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/20227/1/FCIEN_Achkar M_2005_OrdenamientoAmbientaDelTerritorio.PDF
- Adnan Enshassi, Bernd Kochendoerfer, Ehsan Rizq. (Noviembre, 2014). An evaluation of environmental impacts of construction projects. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, Vol. 29, No. 3, 234-254.

- CCA (2014). *Guía sobre productos para la edificación sustentable en América del Norte*. Comisión para la cooperación ambiental: Montreal.
- CCA (2008). *La edificación sustentable en América del Norte: Oportunidades y Retos*. Comisión para la cooperación ambiental: Montreal.
- Centro Mario Molina (2012). *Estrategias Institucionales para fomentar la edificación sustentable en América del Norte: Caso México*. Asociación de vivienda y entorno sustentable AC México. https://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2012/05/5.-EstrategiasInstitucionalesFomentarEdificaci%C3%B3nSustentableANCasoM%C3%A9xico_fin.pdf
- Centro Mario Molina (2012). *Evaluación de la sustentabilidad de la vivienda en México*. Asociación de vivienda y entorno sustentable AC México.
- CMIC (2016). *Diagnóstico del sector de la construcción y propuestas para el impulso de la infraestructura en México*. Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. P. 1. https://www.cmic.org.mx/cmhc/ceesco/2016/Documento_extenso_vfinal_191215.pdf
- Dahlgren Camacho C. & Simonsen F. (2020). *Frameworks for sustainable development in the city of Gothenburg: A case study of sustainability frameworks and indicators within the area of the built environment*. Chalmers University of Technology [Mader's thesis ACEX30]. Gothenburg, Sweden. <https://odr.chalmers.se/handle/20.500.12380/301571>
- Dayton Marchese, Erin Reynolds Matthew E. Bates, Heather Morgan, Susan Spierre Clark, Igor Linkov. (2018). Resilience and sustainability: Similarities and differences in environmental management applications. *Science of the Total Environment* 613-614 (2018) 1275-1283.
- De Buen Rodríguez O. (2010). *Evaluación de la sustentabilidad en la Construcción y Administración de Edificios en México*. Instituto nacional de ecología.
- De Villamor, L. (2020). *HOW2GO Sector de la construcción en cifras. México*. Recuperado de <https://h2gconsulting.com/how2go-mexico/el-sector-de-la-construccion-en-mexico-en-cifras/>
- Elaheh Yadegaridehkordi, Mehdi Hourmand, Mehrbakhsh Nilashi, Eesa Alsolami, Sarminah Samad, Marwan Mahmoud, Ala Abdulsalam Alarood, Azida Zainol, Hamsa D. Majeed, Liyana Shuib. (2020). Assessment of sustainability indicators for green

- building manufacturing using fuzzy multi-criteria decision making approach. *Journal of Cleaner Production* 277 (2020) 122905.
- Enshassi A., Kochendoerfer B. & Rizq E. (2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*. 29 (3). 234-254. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732014000300002>
- García-de-la-Torre C., Portales, L., Camacho-Ruedas G., Arandia Pérez, O. (2010). *Instrumento de evaluación de sustentabilidad y Responsabilidad Social en PyMEs. Administración y organizaciones* 12 (24), 91-103.
- Jay Whitehead. (2017). *Prioritizing Sustainability Indicators: Using Materiality Analysis to Guide Sustainability Assessment and Strategy*. Business Strategy and the Environment Bus. Strat. Env. 26, 399–412 (2017) Published online 31 August 2016 in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/bse.1928
- Liu Y., van Nederveen S., Wu C. & Hertogh M. (2018). Sustainable Infrastructure Design Framework through Integration of Rating Systems and Building Information Modeling. *Advances in Civil Engineering*. 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/8183536>
- Pakzad P, Osmond P. & Corkery L. (2017). Developing key sustainability indicators for assessing green infrastructure performance. *Procedia engineering*, 180 (2017). 146-156. doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.174
- Paredes-Vega G., Herrera R. F. & Gómez M. A. (2019). Indicadores de sustentabilidad para la toma de decisiones en proyectos de caminos básicos. *NOVASINERGIA*. 2 (2). 38-48. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.04.04>
- Ramos Corella M.A., García Rodríguez S., Quintana Pacheco J., De la Cruz A.O. & Borbón Almada A.C. (2016). Evaluación de la gestión de la sustentabilidad y seguridad en construcciones de vivienda en México. *Epistemus*.
- Reidl-Martínez L., (2013) Confiabilidad en la medición. *Revista Investigación en Educación médica*.
<http://riem.facmed.unam.mx/node/76#:~:text=la%20confiabilidad%20de%20divisi%C3%B3n%20por,en%20uno%20de%20los%20conjuntos>
- Reyes Nieto J. E., Simoes da Silva L., Murtinho V., Rigueiro C., Gervasio H. & Bettencourt A. (2015). *Desarrollo de una metodología de evaluación integral de sustentabilidad a nivel urbano. Portugal* [En línea]. 1669-1678. <https://www.researchgate.net/publication/307977714>

Robles Rodríguez, J.; Velázquez García, L. *Estructura y desempeño del sector de la construcción en México*. El Cotidiano, núm. 182, noviembre-diciembre, 2013, pp. 105- 116 Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco Distrito Federal, México.

Romero Pérez I. I., Rosano Ortega G., Brito Flores M. A., Carro Suárez J. & Vegan Lebrún C. (2016). *Modelo de Evaluación de Desarrollo Sustentable para la industria calera*. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla [Tesis de maestría].