

Modelo de Madurez de Gestión de Restricciones Físicas

Maturity Model of Management of Physical Constraints

Milagros Caridad PÉREZ-PRAVIA¹ , Nancy PUPO-ALARCÓN²  y Leudis Orlando VEGA-DE LA CRUZ¹ 

1 Universidad de Holguín, Departamento de Ingeniería Industrial. Holguín, Cuba.

2 Empresa Eléctrica de Holguín, Departamento de Calidad. Holguín, Cuba.

Email: mpp@uho.edu.cu; leovega@uho.edu.cu

Resumen

El sistema empresarial necesita herramientas que guíen la implementación de buenas prácticas en el mejoramiento de la gestión de restricciones físicas. El objetivo de esta investigación es diseñar un modelo de madurez para esta gestión. Para esto, se integran los modelos de madurez con el ciclo de gestión, modelo compuesto por tres fases: planeación, diseño y ejecución, permitiendo la identificación de estos niveles en una organización en cuanto a la gestión de restricciones físicas, además de un grupo de informes y análisis de los resultados que sirven de guía en su proyección estratégica.

Palabras clave

Modelo de madurez, Gestión logística, Teoría de las restricciones, Restricciones físicas.

Abstract

The business system lacks a tool to guide the implementation of good practices in the path of evolutionary improvement of the management of physical restrictions. This research aims to design a maturity model for this management. For this, the maturity models are integrated with the management cycle, there is a model composed of three phases: Planning, Design and Execution, allowing the identification of these levels in an organization in terms of the management of physical restrictions, in addition to a group of reports and analysis of the results that serve as a guide in its strategic projection.

Keywords

Maturity model, Logistics management, Theory of constraints, Management of physical constraints.

Introducción

La gestión logística es la responsable de garantizar el flujo de recursos a través de los procesos aprovisionamiento, transformación, distribución y reutilización. En la consecución de estos procesos, las empresas pueden verse afectadas por factores internos y externos que inhiben su accionar, denominados restricciones, que condicionan su desempeño, demostrándose la carencia de herramientas para su gestión (Calpa Oli-va, 2020; Camargo y Pires, 2017; Furquim

et al., 2020; Lao León et al., 2017; Tovar-Perilla et al., 2018; Dos Santos, 2020; Schovelin & Roca, 2016; Zamora Torres, 2018). Es dentro de la gestión logística que se ha desarrollado con más denotación el estudio de la Gestión de Restricciones (GR) concebida en la literatura como "...el conjunto de acciones que se desarrollan sobre los elementos que impiden a una empresa mejorar en relación con un fin que se persigue..." (Goldratt, 1995, p. 96); este autor se considera el iniciador del estudio de la Teoría de las Restricciones (TOC). Dividida dicotómicamente para su es-

tudio y análisis, las restricciones pueden ser políticas y físicas, según Pérez Pravia (2010), seguidora de esta teoría.

Las restricciones políticas son paradigmas, hábitos, reglas escritas o no escritas, tradiciones, que frenan el crecimiento de los resultados de la organización; por otra parte, las restricciones físicas son elementos del sistema logístico cuya capacidad es menor y/o su ciclo es mayor a lo que se demanda para satisfacer los objetivos finales del sistema; siendo la gestión de restricciones físicas la dirigida a incrementar la eficiencia y la eficacia del flujo de recursos (Rosemann & De Bruin, 2005).

La aplicación de modelos diseñados para este fin no siempre se debe hacerse partiendo de cero o desde el supuesto de que la organización se encuentra ajena a estas acciones; la gestión se trabaja en muchas organizaciones como parte fundamental en el desarrollo de sus funciones y su objeto social, pero no todas la desarrollan con la misma profundidad (Aguilera, 2000; Feitó Cespón et al., 2015; González y Bermúdez, 2010; López Hung & Joa Triay, 2018; Ortiz-T & Caicedo-R., 2014; Ribeiro Portes et al., 2015).

Esto denota la importancia de conocer la madurez que tenga una empresa en términos de conocimiento y experiencia en un objeto de estudio para sentar las bases en la aplicación de cualquier procedimiento de gestión. El conocimiento previo de la madurez de una empresa en cuanto a la Gestión de sus Restricciones Físicas (GRF), además de permitir aplicar el procedimiento para su realización de forma integrada y proactiva desde una etapa acorde con su desarrollo a nivel práctico, aporta la oportunidad de identificar las habilidades que necesitan desarrollar para perfeccionar su accionar como entidad.

Las principales deficiencias son las siguientes:

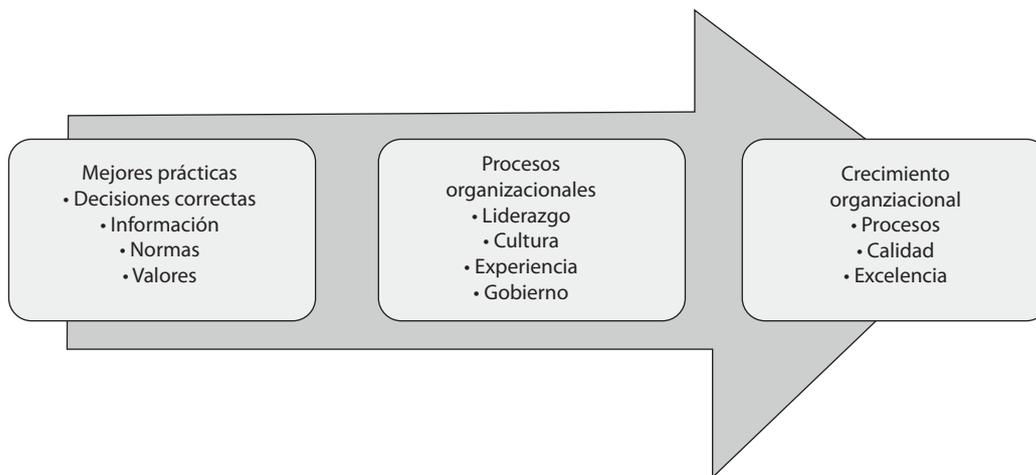
- A pesar de los estudios realizados en la gestión de restricciones físicas, no

se encontraron referencias aplicadas al estudio de la madurez en esta.

- Las publicaciones sobre los modelos de madurez que han sido consultadas carecen de las herramientas para su evaluación.
- Se desconoce una herramienta que permita medir el progreso de la gestión de las restricciones físicas.

El objetivo de la investigación es diseñar una herramienta que mida el progreso en niveles sucesivos de la gestión de restricciones físicas. Para esto se diseña un modelo que muestre las interrelaciones de las variables que se deben considerar para la identificación del nivel de madurez en la Gestión de las Restricciones Físicas.

La madurez se asocia con varias áreas y procesos (figura 1) entre ellos la Calidad y esta a su vez a la excelencia y así, persiste en incrementar la eficacia y la eficiencia de las organizaciones, ya sean multinacionales y Pequeñas y medianas empresas (pymes) hasta institutos de enseñanzas e investigación, apuestan a la calidad. Así, en 1951 se instituyó el Premio *Deming* por resolución de la Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses en pro del cambio cultural hacia la calidad y la eficiencia en las organizaciones, en 1987 un grupo de expertos de los Estados Unidos originaron al *Malcolm Baldrige National Quality Award* y en 1992 algunos países de Europa (España, Finlandia, Francia, Inglaterra, Italia e Irlanda, entre otros) a través de la Fundación Europea para la Gestión de Calidad crearon el Premio Nacional a la Calidad. Queda claro que el primer paso al camino del éxito y con ello alcanzar la madurez es comenzar por el principio, que no es más que tener conciencia de dónde se está (lugar), del momento en el cual se está (tiempo) y de las condiciones que se tienen (recursos), sin claridad sobre estas variables iniciales muy difícilmente se pueden obtener los resultados deseados.

Figura 1. Asociaciones de madurez en investigaciones

Fuente: Elaboración propia.

Los autores coinciden con Tarantino y Salvatore (2013), en que la madurez de una organización se alimenta y robustece mediante el empleo de las mejores prácticas existentes y esto se logra a través de la estandarización, la correcta definición de los procesos, la medición, la mejora continua, el seguimiento y el control, la correcta interrelación y articulación de la estructura organizativa, la alineación de los objetivos, la correcta definición de indicadores e inductores, el correcto manejo de los proyectos, la tecnología y la correcta y adecuada administración del Talento Humano (Sassi et al., 2023). Se reconoce la carencia de un modelo de madurez de gestión de restricciones físicas, lo que demuestra la necesidad de elaborar un modelo para este fin en el sistema empresarial.

Materiales y Métodos

En el desarrollo de la investigación se utilizaron métodos teóricos, empíricos y estadísticos, así como técnicas y herramientas propias de la Ingeniería Industrial:

- Análisis y síntesis de la información: obtenida mediante la revisión de lite-

ratura y documentación especializada, así como de la experiencia de especialistas consultados.

- Histórico-lógico: permitió el análisis y características de los conceptos y enfoques sobre la gestión de las restricciones, gestión de las restricciones físicas y modelos de madurez posibilitando el conocimiento del objeto y determinación de las tendencias.
- Inductivo-deductivo: se utilizó para arribar a conclusiones, aplicar y deducir nuevos aspectos del procedimiento en situaciones concretas de la gestión de restricciones.
- Métodos empíricos: entrevistas, encuestas principalmente a trabajadores de la entidad objeto de estudio y personas conocedoras del campo de investigación.

Análisis y Resultados

Se presenta un procedimiento (figura 2) con el objetivo de desarrollar un Modelo de Madurez de Gestión de Restricciones Físicas (MMGRF). A continuación, se describen las etapas respectivas.

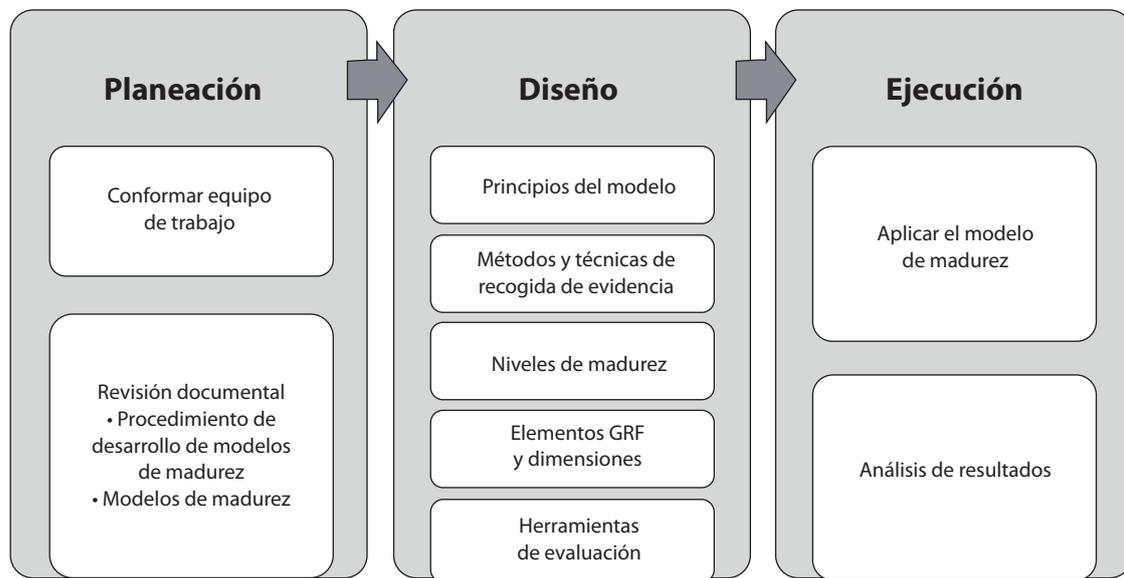
Planeación

El objetivo de esta etapa es preparar las bases teórico-metodológicas para el diseño del modelo.

Paso 1. Conformar el equipo de trabajo. El equipo de trabajo se conforma con personas implicadas en la investigación con conocimientos en el objeto y campo de estudio.

Paso 2. Revisión documental. El estudio de la bibliografía referida a los modelos presentados, muestran la aplicación de modelos de madurez como una de las reservas para supervivencia de los modelos de negocios y el aumento de su desempeño competitivo. El objetivo y el nombre del modelo a desarrollar se definen según las necesidades de la investigación y, en función de esto, se determina un nombre.

Figura 2. Procedimiento para el desarrollo del modelo de madurez

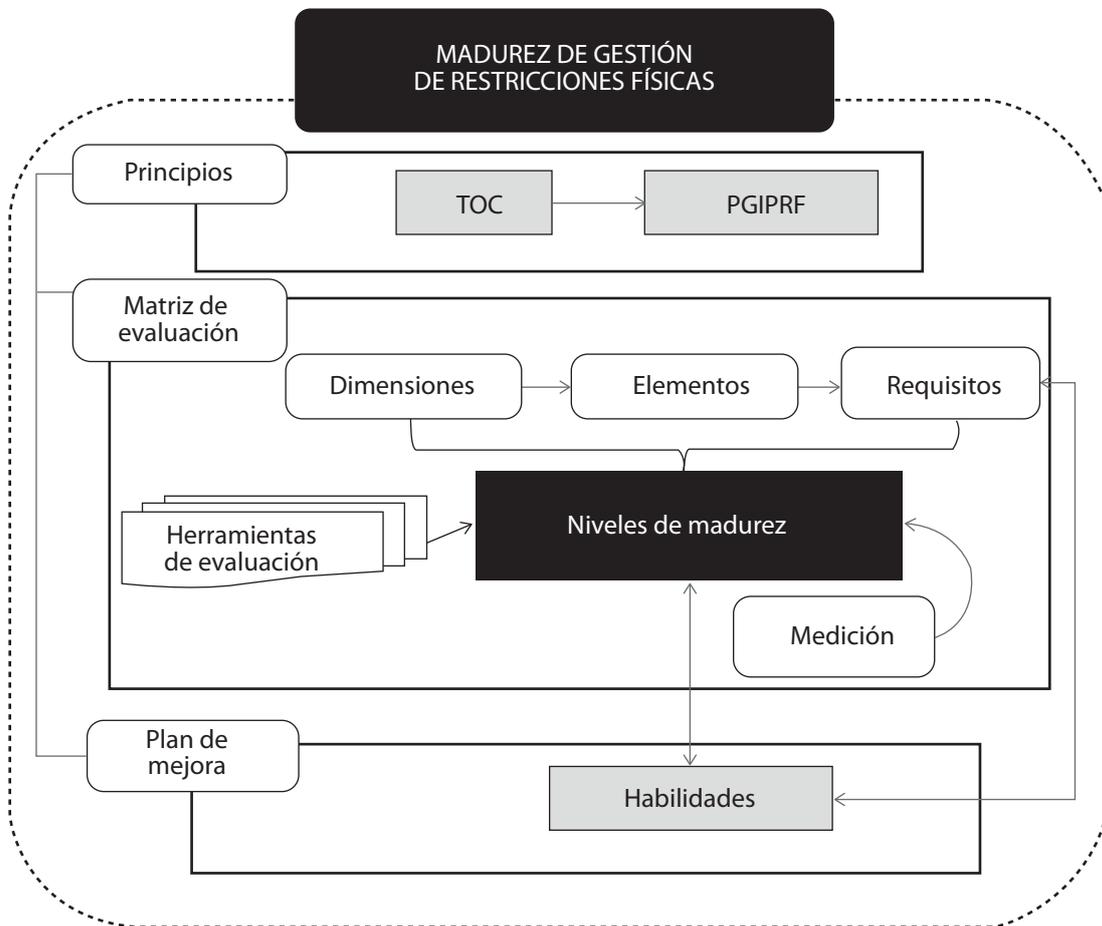


Fuente: Elaboración propia.

Diseño

El objetivo es diseñar el modelo de madurez de la gestión de restricciones físicas. Los pasos que se desarrollan se ilustran a continuación.

Paso 3. Principios para crear el modelo de madurez en la GRF. Con el propósito de contribuir a mejorar la capacidad del modelo para determinar el nivel de madurez de gestión de restricciones físicas (NMGRF), se ilustra el modelo en la [figura 3](#).

Figura 3. Modelo de madurez de Gestión de Restricciones Físicas

Fuente: Elaboración propia.

Paso 4. Métodos y técnicas para la recogida de evidencia. Para evaluar con los modelos de madurez se sugieren varias formas en que la evidencia debe ser obtenida por parte del evaluador, para la recopilación de la información necesaria, la recopilación de datos cuantitativos para caracterizar el estado de la organización y los comportamientos de los datos en la misma; la recogida de datos cuantitativos para describir el desempeño de un proceso, sus resultados y los resultados comerciales y la revisión de artefactos (entradas, salidas, todo lo que se vincula con la realización de un producto o servicio) que son producidos por el desempeño de los procesos.

Paso 5. Niveles de madurez de la GRF. Se define la estructura del modelo de madurez propuesto, estableciendo la cantidad de niveles de madurez que poseerá, así como sus correspondientes nombres. El número de niveles de madurez puede variar y que englobe una progresión lógica a través de ellos, pasando de un nivel más bajo a un nivel más alto de madurez (Bruin et al., 2005). El comportamiento que tendrá cada nivel se describe en términos generales, teniendo en cuenta el objetivo del modelo definido en la etapa anterior. TOC exige que la empresa se encuentre en un nivel de evolución importante; por lo tanto, es necesario que la calidad de provee-

dores, proceso y productos esté controlada y asegurada, que la empresa tenga sistemas de información que funcione y que se cuente con un sistema claro de programación y control de producción e inventarios.

Niveles de madurez en la GRF

1er Nivel-Incipiente. La cultura sobre la gestión de las restricciones es prácticamente inexistente. No se conoce con exactitud todo el proceso de gestión y sus pasos. No se han definido las entradas esenciales del proceso, ni se ha determinado cuáles son sus puntos débiles. Se caracteriza por:

- Altos niveles de inventarios ociosos.
- Carencias de insumos esenciales para la prestación del servicio.
- Ciclos de servicio extensos.
- Medios de trabajo escasos.
- Trabajadores insuficientes.
- Aumento de horas extras de trabajo.
- Disminución en las ventas.

2do Nivel-Básico. Existen estudios sobre los procesos que demuestran las principales entradas. Están definidas las cantidades que son necesarias para cubrir la producción o prestar el servicio. Hay planificación de los recursos basados en el comportamiento histórico de los procesos. Se caracteriza por:

- Irregularidad en la presencia de los suministros e insumos para la prestación del servicio.
- Subprocesos con muchas fluctuaciones en los tiempos de servicio.
- Algunos medios de trabajo escasos y otros inutilizados.
- Trabajadores insuficientes en algunas áreas.
- Presencia de "multitasking" o multitareas (que es la ejecución de múltiples actividades de un proyecto en un mismo tiempo).

3er Nivel-Primario. Se tienen en cuenta variables externas que afectan el comportamiento de los procesos. Se han determinado cuál o cuáles son los recursos limitantes. Existe proyección estratégica frente a los escenarios posibles según el comportamiento de los procesos. Existe un claro control de inventarios y de las fases de la cadena logística (Cordero-Torres, 2022). Se caracteriza por:

- Ocasionalmente existe carencia de insumos específicos.
- Medios con capacidad de reserva.
- Ciclos de servicios funcionales.
- Aprovechamiento de la jornada laboral.
- Organización estratégica de los trabajadores.

4to Nivel-Avanzado. Están creadas las condiciones técnicas para elevar al máximo la capacidad del recurso limitante. La cartera de proveedores de los recursos está definida y asegurada al menos dos que puedan suplir las demandas necesarias en corto plazo. Existe proyección estratégica frente a los escenarios posibles según el comportamiento de los procesos, teniendo en cuenta diversos factores que influyen su comportamiento histórico, actual y futuro. Existe un estudio sistemático de las limitaciones. Consta un control de la calidad de los productos avanzado (Cordero-Torres, 2022).

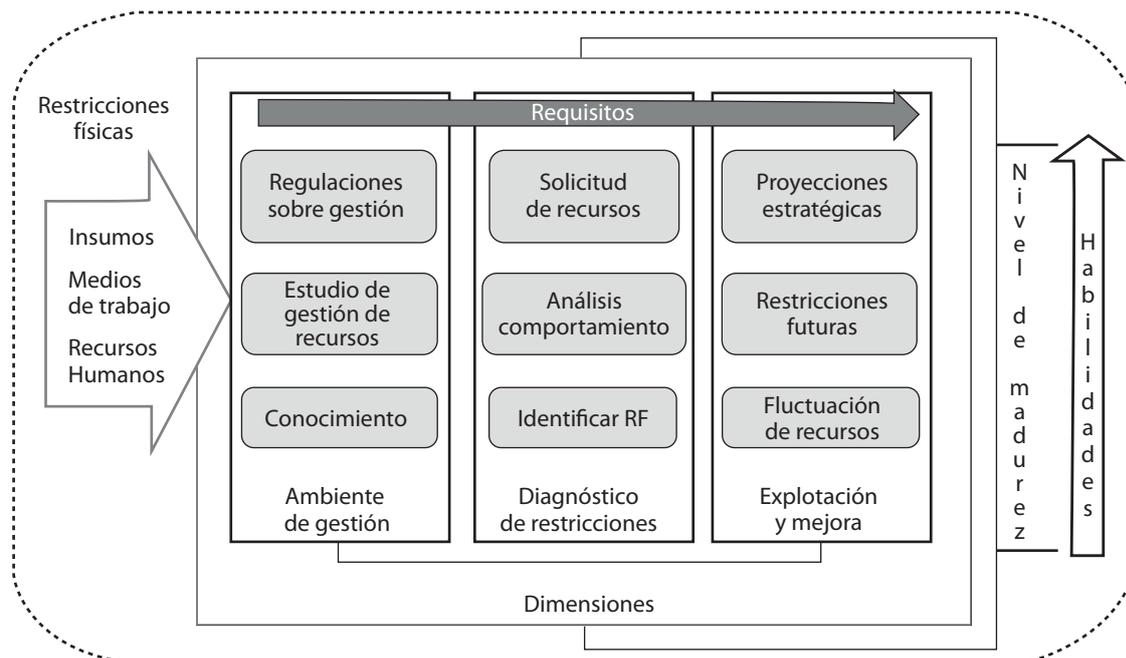
Paso 6. Elementos y dimensiones presentes en la gestión de restricciones físicas. La TOC ha sido fundamentada y ampliamente trabajada por Goldratt (1995), Abisambra Lemus y Mantilla Cuadros (2008), Villagómez et al. (2012) y Álvarez et al. (2014), según los resultados de la investigación sobre los factores influyentes, se definen como los elementos a tener en cuenta en el desarrollo de las funciones de GRF los siguientes:

- Conocimientos de los trabajadores sobre el tema.

- Regulaciones sobre la gestión de recursos físicos según sectores (cumplimiento, estudio, conocimiento).
- Estudios realizados en la instalación con respecto a la GRF.
- Solicitud de materiales (cada cuánto tiempo).
- Comportamiento de consumo de los recursos (análisis de inventarios).
- Comportamiento de las necesidades (análisis de las solicitudes de compras).
- Levantamiento de necesidades por procesos (identificación de las RF potenciales).
- Recursos que más fluctúan en cuanto a su estabilidad en el mercado (RF futuras), identificación de reservas de recursos.
- Proyecciones estratégicas concebidas para la gestión de RF.

La figura 4 muestra cómo se relacionan los elementos que demuestran la madurez dentro de la GRF. En consecuencia, con la TOC y las etapas de la gestión de restricciones físicas, se definen tres dimensiones del modelo: ambiente de gestión, diagnóstico de restricciones, y por último explotación y mejora, en las que se agrupan los diferentes elementos relacionados al comportamiento de la madurez en la gestión de las restricciones físicas.

Figura 4. Elementos de madurez de GRF



Fuente: Elaboración propia.

- Ambiente de gestión: es la dimensión donde se desarrollan los elementos cognitivos de los trabajadores en cuanto al proceso de pensamiento de gestión de restricciones, el cumplimiento, estudio y aplicación de las regulaciones (leyes, normativas y procedimiento, entre otros) para el trabajo con los recursos, además de los estudios con el fin de mejorar la gestión de los mismos.

- Diagnóstico de restricciones: es la dimensión donde se evalúa el comportamiento de las solicitudes de materiales, el consumo de recursos a través del análisis de los inventarios y fuerza de trabajo, además de la gestión de compra y contratación, en resumen, las acciones y habilidades que permiten identificar las restricciones físicas.
- Explotación y mejora: es donde se manifiestan las habilidades que tributan a la identificación de las restricciones físicas potenciales mediante el levantamiento de necesidades por procesos según su demanda real y futura, la capacidad de gestión de estos recursos, el poder de resolución de situaciones adversas en el proceso, la concreción de soluciones prácticas y se realizan las proyecciones estratégicas.

por los aspectos fundamentales de gestión empresarial: la definición de estrategias, la organización para cumplirlas, los sistemas de comunicación para brindar a todos los involucrados una mejor visión de su papel dentro del trabajo de la empresa, una adecuada distribución de las instalaciones y sistemas de calidad, entre otros, son requisitos que permitirán que una empresa se transforme positivamente de manera sostenible, es decir, logrando mejoramiento reales y consistentes que no sean fruto de una moda, y creando la disciplina necesaria para afrontar nuevos cambios y retos impuestos por el entorno de los negocios (González Gómez et al., 2003; Gamero & Ostos, 2020).

Para facilitar la aplicación del modelo propuesto, se desarrolló una matriz de evaluación para determinar el comportamiento de cada elemento del modelo en cada uno de los niveles de madurez definidos, la matriz de evaluación (tabla 1).

Paso 7. Matriz de evaluación del modelo. Se hace necesario organizar, comenzando

Tabla 1. Matriz de evaluación del modelo de madurez

Dimensiones	Elementos \ Niveles	N1-Incipiente	N2-Básico	N3-Primario	N4-Avanzado
Ambiente de gestión	Conocimientos de los trabajadores sobre el tema.	No se conoce acerca de la GRF y sus bondades.	Se reconoce la existencia de RF, tanto en el área administrativa como operativa.	Se acepta la necesidad de una acertada GRF para ganar en eficiencia y eficacia, se piensa como cultura de trabajo.	Se muestra un enfoque de mejora en la GRF, como parte fundamental en el logro de las metas de la organización.
	Regulaciones sobre la gestión de recursos físicos según sectores (cumplimiento, estudio, conocimiento).	No se reconocen regulaciones que muestren cómo gestionar los recursos que usan en los procesos claves.	Se rigen por algunos requisitos de sistemas de mejora, normas, procedimientos.	Fases de sistemas de mejoras implementadas.	Existen sistemas de mejora certificados.
	Estudios realizados en la instalación con respecto a la GRF.	No se asocia como la GRF puede contribuir a la gestión estratégica de la empresa.	Capaz de determinar los elementos que definen su capacidad y desarrollan estrategias de gestión a raíz de esto.	Uso de herramientas para gestión de proyectos y solución de los conflictos.	Aplicación del PGIPRF (iterativa).

Tabla 1. Matriz de evaluación del modelo de madurez. Continuación

Dimensiones	Elementos \ Niveles	N1-Incipiente	N2-Básico	N3-Primario	N4-Avanzado
Diagnóstico de restricciones	Solicitud de materiales (cada cuánto tiempo).	Inestabilidad de proveedores.	Proveedores de los principales recursos hacen aprovisionamiento constante.	Tiempo de respuesta de los proveedores adecuado para un aprovisionamiento oportuno.	Varios proveedores para recursos de igual denominación, Sistema de reaprovisionamiento implementado.
	Comportamiento de consumo de los recursos (Análisis de inventarios).	No se reconoce el vínculo del análisis de inventario con las necesidades de los procesos, altos niveles asociados a la ausencia de un sistema de control sobre el mismo.	Seguimiento de inventarios, se controlan mediante un sistema.	Existen Registros que permita hacer consultas, capacidad de regulación de inventarios en correspondencia a los consumos reales.	Base de datos Automatizada con posibilidad de emitir reportes y análisis.
	Levantamiento de necesidades por procesos (Identificación de las RF potenciales).	Reconocimiento empírico del recurso más potencialmente restrictivos.	Identificadas las RF más comunes y los amortiguadores de existencias.	Estudiada la correspondencia entre demanda y recursos potencialmente restrictivos.	Recursos potencialmente restrictivos identificados de forma temporal.
Explotación y mejoras	Comportamiento de las necesidades (análisis de las solicitudes de compras).	No se controla el flujo del producto, aunque se programa para cumplir con una fecha de entrega.	Comparan los recursos con las demandas pronosticadas, capaces de decidir cómo explotarlas.	Se conoce cuál es la restricción subordinadora más frecuente en cada proceso. Tienen en cuenta las interdependencias que existen entre los recursos.	Identificación de reservas de recursos Capaces realizar con éxito la subordinación y programación de la producción.
	Recursos que más fluctúan en cuanto a su estabilidad en el mercado (RF futuras).	No se identifican las necesidades futuras. Se estudian los gastos productivos.	Se reconoce la necesidad de estudiar el comportamiento de los recursos en el mercado.	Se estudia el comportamiento de los insumos en el mercado, proveedores relevantes y su actividad comercial.	Identificación de recursos que generaran más valor. Análisis costos beneficio en la adquisición de recursos de uso futuro.
	Proyecciones estratégicas concebidas para la gestión de RF.	Reconoce que una restricción crítica impide la generación constante de utilidades.	Habilidad de construir y transmitir soluciones simples y efectivas.	Visión global de la empresa, comprende que una vez elevada una restricción esta categoría emigra hacia otro recurso.	Enfoque sistémico que permite ejercer el control, dentro de la variabilidad y la incertidumbre, concentrando la atención en unos pocos puntos.

Fuente: Elaboración propia.

Paso 8. Herramienta de evaluación. En este punto se diseñan las herramientas de eva-

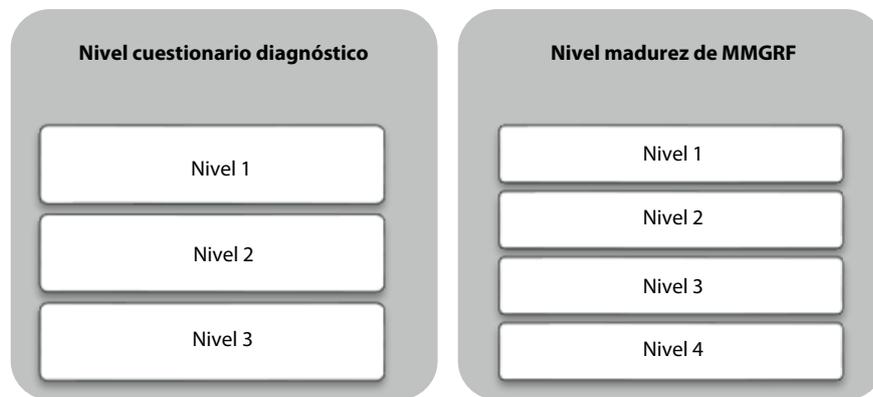
luación del modelo de madurez. Estas herramientas son utilizadas para la recogida

de información en las empresas y permitirán determinar el nivel de madurez de cada elemento y proceso de la empresa en general.

Con el objetivo de estimar el posible nivel de madurez que tenga la empresa seleccionada en la gestión de restricciones, se diseñó un cuestionario (apéndice 1) teniendo en cuenta los posibles comportamientos de los recursos físicos de acuerdo con la ma-

durez en la gestión de estos que tenga una empresa. Se divide en tres grupos y se puntúa en función del nivel avance, por lo cual los comportamientos de niveles más avanzados tienen una mayor ponderación. La *figura 5* muestra la correspondencia entre los resultados del cuestionario diagnóstico y el nivel de madurez que se espera obtener con la evaluación del MMGRF.

Figura 5. Correspondencia de los niveles de madurez del cuestionario diagnóstico y los del MMGRF



Fuente: Elaboración propia.

Utilizando una lista de chequeo (apéndice 2) se procederá a evaluar el comportamiento de los elementos de gestión de restricciones físicas mencionados anteriormente. La lista se desarrolló en forma de afirmaciones que deberían responder sí, no o no procede; estas se elaboraron como consecuencia de una revisión de los elementos de gestión de restricciones, cómo se manejan, y cómo se refleja la gestión a partir del estudio bibliográfico realizado de casos prácticos, teóricos, y las conclusiones arribadas para un total de 59 aspectos a chequear. Estos aspectos se codificaron de acuerdo con el componente evaluado, utilizando las iniciales de cada uno de ellos.

Como resultado de la evaluación de las herramientas, se conforma una matriz de evaluación del modelo, que presenta el com-

portamiento de cada factor de las dimensiones en los niveles de madurez. El modelo utiliza el gráfico radial para reflejar el nivel de madurez alcanzado en las dimensiones de acuerdo con los elementos evaluados en los procesos. Este gráfico multidimensional permite destacar los puntos fuertes y débiles de la organización y compara el desempeño de los procesos.

Procesamiento de la lista de chequeo

Para determinar el nivel de madurez de la empresa se hará una analogía del Modelo de Madurez de Ergonomía para Empresas (MMEE) (Baeza Manteiga, 2013). Para cada proceso, primero se debe determinar el nivel de madurez en que se encuentra cada elemento del modelo, luego se determina el nivel de madu-

rez de cada dimensión seleccionando el mínimo nivel obtenido del grupo de elementos que le corresponda. Por último, el nivel de madurez de la empresa se determina seleccionando el mínimo nivel obtenido de los procesos.

Nivel de madurez de cada elemento del MMGRF

Para procesar los elementos se le asigna a cada respuesta un valor de cero (0) si es negativa, y uno (1) si es positiva. Quedando una

función $A = \begin{cases} 0 & (no) \\ 1 & (si) \end{cases}$. Se halla la media acotada¹ de los resultados de las aplicaciones seleccionando la concordancia del 90 % de las valoraciones en cada proceso. Luego se suman los valores asignados a las preguntas de las listas del elemento analizado y se obtiene un valor (b), el cual se ubica en el intervalo para que le corresponda al nivel de madurez del elemento (tabla 2).

Tabla 2. Procesamiento de la lista de chequeo

Dimensiones	Elementos	Requisitos	N1-Incipiente	N2-Básico	N3-Primario	N4-Avanzado
Ambiente de gestión	1	5	b=1	b=2	3≤b≤4	b=5
	2	6	b=1	2≤b≤3	4≤b≤5	b=6
	3	6	b=1	2≤b≤4	b=5	b=6
Diagnóstico de restricciones	4	8	b≤2	3≤b≤4	5≤b≤7	b=8
	5	5	b≤2	b=3	b=4	b=5
	6	7	b=1	2≤b≤4	5≤b≤6	b=7
Explotación y mejora	7	7	b≤2	3≤b≤4	5≤b≤6	b=7
	8	5	b=1	2≤b≤3	b=4	b=5
	9	10	b≤2	3≤b≤5	6≤b≤9	b=10

Fuente: Elaboración propia.

- **Nivel de madurez de cada dimensión del MMGRF:** para determinar el nivel de madurez de la dimensión, se selecciona del grupo de elementos asociados a él, el de menor nivel de madurez y la dimensión tomará el mismo nivel de madurez que posee el elemento seleccionado.
- **Nivel de madurez del proceso:** se analizan las dimensiones y se asigna al proceso el mismo nivel de madurez de la dimensión que tenga menor nivel de madurez. Siguiendo el precepto de que, si al menos uno de los procesos se encuentra en un nivel inferior al resto, la

organización no podrá disfrutar completamente de los beneficios del nivel superior en que se encuentra la mayoría.

- **Evaluación de los resultados:** en primer lugar, se evalúa la confiabilidad de la herramienta de evaluación del modelo; para lo cual se utilizan métodos y técnicas estadísticas. La confiabilidad de las herramientas de evaluación se refiere al grado en que la aplicación repetida al mismo objeto o sujeto produce resultados consistentes y coherentes, brindando precisión en la medición que se realice. Por lo que se reúnen las listas aplicadas a consultores de cada

¹ Media acotada calcula la media de un conjunto de datos media del interior del conjunto de datos después de eliminar el porcentaje de los extremos inferior y superior de los puntos de datos.

proceso y se procede a determinar la confiabilidad de los resultados. En segundo lugar, se analizan los resultados de los niveles de madurez que presentan los procesos, y se destacan las habilidades que posee para avanzar en la madurez y las que necesitan desarrollar para completar el progreso al próximo nivel.

Ejecución

Su objetivo es evaluar la madurez en la gestión de restricciones físicas de la empresa con el modelo diseñado. Se deben desarrollar los siguientes pasos.

Paso 9. Aplicar el modelo de madurez. Se recomienda iniciar con una consulta de la proyección estratégica de la empresa, donde se concentre la atención en la correspondencia entre misión, visión y los objetivos estratégicos trazados y cómo se plantea el manejo de los recursos en los procesos. Luego pasar a identificar integrantes del grupo de consulta, los cuales deben cumplir primeramente

los requisitos mínimos que se recomiendan en la etapa de diseño y, además, poseer un cierto nivel de conocimientos.

Una vez evaluadas las matrices de competencias de los expedientes de competencia del trabajador, se detectan trabajadores con potencial para la evaluación de la lista de chequeo. Una vez conocida la mecánica de trabajo y formado el grupo de consulta ya estamos en condiciones de proceder a aplicar la lista de chequeo que permitirá determinar el nivel de madurez de empresa; lo siguiente es hacer un análisis estadístico de los datos obtenidos de la aplicación. Por último, se hace una evaluación de los resultados mediante un análisis de las habilidades desarrolladas en el nivel de madurez identificado y se establecen las habilidades que necesitan desarrollar para pasar al próximo nivel.

Paso 10. Análisis de los resultados. En este paso de la etapa se propone verificar el avance de la entidad en la gestión de restricciones físicas, para lo cual se proponen los siguientes indicadores (tabla 3).

Tabla 3. Indicadores de medición de avance MGRF

Indicador	Descripción	Ecuación	Términos
Cumplimiento de requisitos	Mide el avance o retroceso del cumplimiento de requisitos	$CR = \frac{RC_{i+1}-RC_i}{R_m}$	CR: % de requisitos cumplidos RC: requisitos cumplidos i: evaluación
Cumplimiento de requisitos por dimensiones	Evalúa cómo se comporta por dimensiones la gestión de restricciones. Se calcula para cada dimensión.	$D = \frac{\%A_{i+1}}{\%A_i}$	D: cumplimiento por dimensiones %A: porciento de requisitos obtenidos de las aplicaciones
Habilidades del nivel	Mide las habilidades alcanzadas en cada nivel	$H = \left(\frac{HA}{HT}\right)_i$	H: habilidades HA: habilidades alcanzadas HT: habilidades que se deben trabajar para superar el nivel

Fuente: Elaboración propia.

Además, en un segundo momento, deben analizarse los resultados de la aplicación del modelo de madurez, la aplicación de

las herramientas diseñadas y las dificultades del proceso.

Conclusiones

La combinación de métodos y técnicas de investigación cuantitativas y cualitativas en el diseño del MMGRF permitió el diseño del procedimiento para medir el progreso de una organización en la gestión de las restricciones físicas.

Con base en los procedimientos para desarrollar modelos de madurez, se elaboró un modelo en tres etapas: planeación, diseño y ejecución; que considera las interrelaciones de los elementos de gestión, las dimensiones en que se desarrollan y los niveles de madurez de gestión de restricciones físicas denominados como: incipiente, básico, primario y avanzado.

Como parte de la etapa de diseño se elaboraron herramientas para la evaluación del MMGRF: el cuestionario diagnóstico y la lista de chequeo con su consecuente hoja de cálculo para el procesamiento de los datos obtenidos, los cuales forman parte del procedimiento de evaluación del modelo.

Referencias

- Abisambra Lemus, A. J., & Mantilla Cuadros, L.A. (2008). Aplicación de la teoría de restricciones (TOC) a los procesos de producción de la planta de fundición de Imusa. *Revista Soluciones de Posgrado EIA*, (2), 121-133. <https://bit.ly/3oluS3p>
- Aguilera, C. I. (2000). Un enfoque gerencial de la teoría de las restricciones. *Estudios Gerenciales*, 16(77), 53-69. <https://bit.ly/3MUJ5xK>
- Álvarez M., J., Inche M., J., & Salvador W., G. (2004). Programación de operaciones mediante la Teoría de Restricciones. *Industrial Data*, 7(1), 012-019. <https://doi.org/10.15381/idata.v7i1.6095>
- Baeza Manteiga, I. (2013). *Diseño del modelo de madurez de ergonomía para empresas*. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae.
- Calpa-Oliva, J. E. (2020). Validación de un modelo de logística inversa para la recuperación de los RAEE de la ciudad de Cali, basado en el Pensamiento Sistémico usando una simulación con Dinámica de Sistemas. *Tecnológicas*, 23(48), 55-81. <https://dx.doi.org/10.22430/22565337.1418>
- Camargo Junior, J. B., & Pires, S. R. I. (2017). Sistematização da implementação de outsourcing logístico por meio de práticas de gestão de projetos. *Gestão & Produção*, 24(2), 310-323. <https://dx.doi.org/10.1590/0104-530x1287-15>
- Cordero-Torres, B.P. (2022). Algoritmos de Aprendizaje Supervisado para Proyección de Ventas de Camarón Ecuatoriano con Lenguaje de Programación Python. *Economía y Negocios*, 13(2), 30-51. <https://doi.org/10.29019/eyn.v13i2.996>
- Dos Santos, K.L. (2020). Waste electrical and electronic equipment in Macrometrópolis Paulista: legal framework and technology at the service of reverse logistics. *Ambiente & Sociedade*, 23, e01211. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190121r1vu2020l2de>
- Feitó Cespón, M., Cespón Castro, R., Martínez Curbelo, G., & Covas Varela, D. (2015). Diagnóstico ecológico y económico de la cadena de suministros para el reciclaje de plásticos en el contexto empresarial cubano. *Estudios Gerenciales*, 31(136), 347-358. <https://dx.doi.org/10.1016/j.estger.2015.03.005>
- Furquim, T.S.G., Oliveira, R.L.M., & de Vieira, J.G.V. (2020). Retailers and carriers' viewpoint on Sorocaba's city logistics: a spatial analysis. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 12, e20190140. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20190140>
- Gamero, H., & Ostos, J. (2020). Revisión sistemática de literatura sobre factores clave en la identificación de oportunidades de negocio. *Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 10(20), 307-327. <https://doi.org/10.17163/ret.n20.2020.07>
- Goldratt, E. M. (1995). *La Meta*. Ediciones Castillo, S.A. de C.V.
- Gonzalez Gómez, J. A., Ortegón Mosquera, K., & Rivera Cadavid, L. (2003). Desarrollo de una metodología de implementación de los conceptos de toc (teoría de restricciones), para

- empresas colombianas. *Estudios Gerenciales*, (87), 27-50. <https://bit.ly/3o8b2IP>
- González González, P., & Bermúdez, T. (2010). Fuentes de información, indicadores y herramientas más usadas por gerentes de Mipyme en Cali, Colombia. *Contaduría y administración*, (232), 83-108. <https://bit.ly/3pVfmvu>
- Lao León, Y. O., Pérez Pravia, M. C., Marrero Delgado, F., & González Ricardo, J. J. (2017). Identificación de restricciones físicas en el sistema logístico de empresas comercializadoras en Holguín, Cuba. *Visión de Futuro*, 21(1). <https://bit.ly/3o6Aajb>
- López Hung, E., & Joa Triay, L.G. (2018). Sistemas y servicios informáticos administrados por restricciones. *Revista Cubana de Informática Médica*, 10(2), e03. <https://bit.ly/3BF2sEA>
- Ortiz-T, V.K., & Caicedo-R., Á.J. (2014). Mezcla óptima de producción desde el enfoque gerencial de la contabilidad del throughput: el caso de una pequeña empresa de calzado. *Cuadernos de Contabilidad*, 15(37), 109-133. <https://bit.ly/45ec0DJ>
- Pérez Pravia, M.C. (2010). *Modelo y procedimiento para la gestión integrada y proactiva de restricciones físicas en organizaciones hoteleras*. Universidad de Holguín.
- Ribeiro, R.P., Sauaia, A.C., Mello, A.M.d., & Torres Júnior, A.S. (2015). Praticando gestão de operações em um laboratório de gestão. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 16(4), 43-76. <https://doi.org/10.1590/1678-69712015/administracao.v16n4p43-76>
- Rosemann, M., & De Bruin, T. (2005). Towards a Business Process Management Maturity Model. In Rajola, F., Avison, D., Winter, R., Becker, J., Ein-Dor, P., Bartmann, D., et al. (Eds.), *ECIS 2005 Proceedings of the Thirteenth European Conference on Information Systems* (pp. 1-12). Verlag and the London School of Economics.
- Sassi, B.d.A.L., Tasé-Velázquez, D.R., Hernández-Mastrapa, L., & Simon, A.T. (2023). Modelo de Gestión de Cartera de Proyectos para una Microempresa de Comercio Electrónico de Artes. *Economía y Negocios*, 14(1), 1-25. <https://doi.org/10.29019/eyn.v14i1.1093>
- Schovelin, R., & Roca, J. (2016). Un modelo para seleccionar atributos de un edificio residencial que maximiza el precio de venta. *Obras y Proyectos*, (19), 61-72. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132016000100005>
- Tarantino, S. (2013, agosto 2). *Teoría de la ventana rota con una visión más amplia de la administración*. Gestiópolis. <https://bit.ly/3MFo4H9>
- Tovar-Perilla, N. J., Bermeo-Andrade, H. P., Torres-Delgado, J. F., & Gómez, M. I. (2018). Methodology to support decision-making in prioritization improvement plans aimed at agricultural sector: Case study. *DYNA*, 85(204), 356-363. <https://dx.doi.org/10.15446/dyna.v85n204.63712>
- Villagómez, G., Viteri, J., & Medina, A. (2012). Teoría de restricciones para procesos de manufactura. *Enfoque UTE*, 3(1), 14-28. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v3n1.7>
- Zamora Torres, A.I. (2018). Logística del comercio internacional de la región de la Cuenca del Pacífico a través del Análisis Envolvente de Datos Network. *Contaduría y Administración*, 63(4). <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2018.1359>



Apéndice 1

Cuestionario diagnóstico del Modelo de Madurez de Gestión de Restricciones Físicas

Este cuestionario tiene como objetivo establecer un diagnóstico sobre el comportamiento de los recursos físicos en su empresa para identificar correctamente el nivel de madurez de gestión de restricciones* físicas. Se agradece su tiempo y ayuda.

***Gestión de restricciones:** el conjunto de acciones que se desarrollan sobre los elementos que impiden a una empresa mejorar en relación con un fin que se persigue.

¿Cuáles de las situaciones siguientes se asemeja más a la de su empresa? Marque con una cruz (X) en cada grupo.

1. Insumos

- Altos niveles de inventarios ociosos
- Carencias de insumos esenciales para la prestación del servicio
- Ciclos de servicio extensos
- Irregularidad en la presencia de los suministros e insumos para la prestación del servicio

- Ocasionalmente existe carencia de insumos o específicos

2. Medios de trabajo

- Medios de trabajo escasos
- Subprocesos con muchas fluctuaciones en los tiempos de servicio
- Algunos medios de trabajo escasos y otros inutilizados
- Medios con capacidad de reserva
- Ciclos de servicios funcionales

3. Recursos humanos

- Trabajadores insuficientes
- Aumento de horas extras de trabajo
- Trabajadores insuficientes en algunas áreas
- Ejecución de varios proyectos al mismo tiempo
- Aprovechamiento de la jornada laboral
- Organización estratégica de los trabajadores

Procesamiento del cuestionario diagnóstico

A cada opción de los grupos se le ha asignado un valor en dependencia del nivel en que frecuentemente se presentan. A cada grupo del cuestionario se le asigna el valor en dependencia de la situación marcada.

Recursos físicos	Valores
Insumos	
<input type="checkbox"/> Altos niveles de inventarios ociosos	1
<input type="checkbox"/> Carencias de insumos esenciales para la prestación del servicio	1
<input type="checkbox"/> Ciclos de servicio extensos	1
<input type="checkbox"/> Irregularidad en la presencia de los suministros e insumos para la prestación del servicio	2
<input type="checkbox"/> Ocasionalmente existe carencia de insumos o específicos	3
Medios de trabajo	
<input type="checkbox"/> Medios de trabajo escasos	1
<input type="checkbox"/> Subprocesos con muchas fluctuaciones en los tiempos de servicio	2
<input type="checkbox"/> Algunos medios de trabajo escasos y otros inutilizados	2
<input type="checkbox"/> Medios con capacidad de reserva	3
<input type="checkbox"/> Ciclos de servicios funcionales	3
Recursos humanos	
<input type="checkbox"/> Trabajadores insuficientes	1

<input type="checkbox"/> Aumento de horas extras de trabajo	1
<input type="checkbox"/> Trabajadores insuficientes en algunas áreas	2
<input type="checkbox"/> Ejecución de varios proyectos al mismo tiempo	2
<input type="checkbox"/> Aprovechamiento de la jornada laboral	3
<input type="checkbox"/> Organización estratégica de los trabajadores	3

1. Obtenidas las puntuaciones de cada grupo de recurso (G) se realiza la sumatoria de los valores otorgados:

$$X = \sum_{i=1}^3 Gi$$

2. Se promedian las puntuaciones totales obtenidas en cada evaluación

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Donde

Y: promedio de las puntuaciones

X: puntuación total de cada evaluación

n: cantidad de evaluaciones realizadas

3. Se otorga un valor de nivel de acuerdo con los intervalos siguientes:

Puntuación final	Nivel de madurez del cuestionario diagnóstico
$1 \leq Y \leq 6$	Nivel 1
$7 \leq Y \leq 16$	Nivel 2
$17 \leq Y \leq 31$	Nivel 3

Apéndice 2

Lista de chequeo

El documento que se le presenta forma parte de un estudio de la madurez en gestión de

restricciones físicas de su proceso, por lo que se agradece su colaboración por tributar al mismo con su experiencia, aportando su visión acerca de los aspectos que se chequean.

Marque con una cruz (X) según corresponda.

Aspectos a chequear		Sí	No	No Procede
AG-01	Conoce sobre las restricciones físicas			
AG-02	Conoce los principales recursos que afectan su proceso			
AG-03	Entiende qué es gestionar los recursos restrictivos			
AG-04	Considera que una buena gestión de los recursos puede ser clave para una mejora importante en el proceso			
AG-05	Conoce que la gestión de restricciones físicas puede ayudar a resolver problemas actuales y futuros de su área			
AG-06	Se ha realizado exploraciones o estudios en su puesto, área de trabajo o empresa sobre la gestión de recursos restrictivos			
AG-07	Tienen algún sistema de gestión implantado o en fase de implantación			
AG-08	Se tienen en cuenta regulaciones sobre la gestión de recursos			
AG-09	Conoce los indicadores que debe cumplir su proceso			
AG-10	Se han detectado problemas asociados a una deficiente gestión de recursos físicos			
AG-11	Se discuten en el ápice estratégico temas de gestión de restricciones físicas -¿Con qué frecuencia?: a veces; frecuentemente			
AG-12	Se incluyen los recursos restrictivos en la fase de diseño de sus objetivos estratégicos			
AG-13	Se realizan eventos donde se expongan iniciativas para uso eficiente de los recursos restrictivos			
AG-14	Considera que la gestión de restricciones puede mejorar el desempeño de su proceso (eficiencia y eficacia)			
AG-15	Los objetivos estratégicos de sus procesos se asocian a los recursos restrictivos			
AG-16	Usan herramientas TIC para gestionar, controlar o solucionar conflictos relacionados con los recursos restrictivos			
AG-17	Ha realizado alguna evaluación de los eslabones de la cadena logística, determinando sus potencialidades para dar respuesta a los requerimientos de la demanda			
DR-18	Se pronostica la demanda real a corto plazo de acuerdo con el objetivo meta del próximo año			
DR-19	Se pronostica la demanda real a largo plazo acorde con el alcance de la visión			
DR-20	Evalúa las opiniones de los clientes sobre el nivel de servicio percibido			
DR-21	Se analiza la tendencia a nuevos requerimientos de los clientes			
DR-22	La estabilidad de los recursos se ve afectada por los proveedores			
DR-23	Considera que el proceso de aprovisionamiento favorece la aparición de restricciones físicas recurrentemente			
DR-24	El tiempo de respuesta de los proveedores es adecuado en comparación con las necesidades del recurso			
DR-25	Tienen varios proveedores para recursos de igual denominación			
DR-26	Se hacen revisiones de los inventarios asociados al proceso			

Aspectos a chequear		Sí	No	No Procede
DR-27	Considera que la composición del inventario está aparejada a las necesidades del proceso			
DR-28	Se utilizan las TIC existentes en función del control de los inventarios			
DR-29	Cuenta con la posibilidad de hacer análisis y reportes del comportamiento del consumo de recursos			
DR-30	Se planifica el flujo de trabajo en correspondencia a la capacidad de los recursos restrictivos			
DR-31	Reconoce cuál es el recurso que puede regular su proceso, frenarlo o hacerlo avanzar			
DR-32	Se ha estudiado las necesidades de recursos que van a tener según la demanda del proceso			
DR-33	Reconoce la fluctuación de los recursos más restrictivos			
DR-34	Entiende cómo se comportan en comparación con la demanda			
DR-35	La ejecución de los proyectos avanza al paso estipulado en su diseño			
DR-36	Considera que los procedimientos estipulados se cuestionan cuando no son funcionales			
DR-37	Existe algún programa para mejorar el nivel de actividad de los recursos restrictivos			
EM-38	Desarrollan acciones que aseguren sacar el máximo provecho de los recursos restrictivos			
EM-39	Realizan análisis económicos de los costos de inutilizar las capacidades de recursos			
EM-40	Participa en la elaboración de las necesidades de compras de recursos			
EM-41	Reconoce que existan dependencias entre varios recursos primordiales para el proceso			
EM-42	Existe evidencia de que se han identificado reservas o alternativas en caso de carencia de esos recursos			
EM-43	El diseño de los proyectos comprende acciones catalizadoras de los factores limitantes			
EM-44	Cree que la organización del proceso es exitosa			
EM-45	Se ha realizado alguna programación de los recursos para necesidades futuras			
EM-46	Se hacen análisis de costo/beneficio a largo plazo por la adquisición de recursos para demandas futuras			
EM-47	Existen evidencias de estudios del comportamiento de los recursos en el mercado			
EM-48	Se cuenta con una buena gestión de recursos a largo plazo			
EM-49	Reconoce que una restricción crítica impide la generación constante de utilidades			
EM-50	Cree que en su proceso se construyen y transmiten soluciones simples y efectivas			
EM-51	Entiende que una restricción en un proceso afecta a la empresa en general			
EM-52	Diseñan y aplican acciones de mejora que permitan elevar la capacidad de la organización			
EM-53	Comprende que, una vez resuelta una restricción, emerge una nueva en alguna parte del proceso			
EM-54	Organiza y prioriza la solución de problemas asociados a recursos restrictivos			
EM-55	Se proyectan las medidas, métodos y procedimientos que implica la alternativa seleccionada, con vista a posibilitar su sistematización			
EM-56	Programan los recursos necesarios para aplicar el proyecto (insumos, medios de trabajo y recursos humanos)			
EM-57	Definen los plazos de cumplimiento de cada tarea, sus responsables y ejecutores			
EM-58	Garantizan la participación e información de los trabajadores			
EM-59	Ejecutan los cambios paulatinamente simplificándolos tanto como sea posible			