

Diagnóstico de la Dimensión Social de sostenibilidad en procesos de mecanizado mediante el Análisis Relacional Gris

César Ayabaca Sarria ^{1 2}, Carlos Vila Pastor PhD¹

¹Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales, Universitat Politècnica de València.

Camino de Vera, s/n. 46022 VALENCIA. ESPAÑA,

e-mail: ceaysar1@doctor.upv.es /carvipas@upv.es

²Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional.

Ladrón de Guevara, E11-253 QUITO, ECUADOR,

e-mail: cesar.ayabaca@epn.edu.ec

Este trabajo evalúa el desempeño de indicadores de sostenibilidad industrial en una mediana empresa, desde la perspectiva de la dimensión social en operaciones de mecanizado, utilizando como herramienta de mejora el ciclo Deming: planificar, hacer, verificar y analizar. La evaluación de indicadores se realiza utilizando el análisis relacional gris. Las actividades del plan de mejora se desarrollan durante el período de análisis y se mide su impacto con el fin de fomentar una cultura de sostenibilidad en la dimensión social dentro de la empresa. Recientemente se han presentado propuestas de indicadores sostenibles en varios estudios, de entre los cuales, la clasificación de indicadores para una firma manufacturera presentada por Bhanot ha sido seleccionada para evaluar los indicadores de sostenibilidad. El Análisis Relacional Gris (*Grey Relational Analysis* GRA), se ha utilizado para calcular indicadores en la dimensión social y determinar la mejora en el período de evaluación.

Tabla 2. Plan de Mejoramiento de Sostenibilidad en la Dimensión Social

PLAN DE MEJORAMIENTO DE SOSTENIBILIDAD EN LA DIMENSION SOCIAL						
Periodo de Implementación: 2016 - 2017						
Responsable: Jefe de Departamento /Supervisor o Ingeniero de Planta						
PROBLEMA A MEJORAR	OBJETIVO	METAS	INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD	ESTRATEGIAS	ACTIVIDADES	
Baja productividad	Aumentar la cantidad de piezas mecanizadas	> 85%	1 Productividad del trabajador	Implementar buenas prácticas de manufactura	Mantenimiento preventivo de equipos	
Mala relación fraterna	Trabajar en equipo	> 85%	2 Relaciones con otros trabajadores	Buen clima laboral	Mejorar relaciones interpersonales	
Facilidad de uso de equipos manuales y de CNC	Capacitar en CAD CAM	> 85%	3 Habilidades del trabajador	Incorporación de Tecnología de producción	Adiestramiento en manejo de equipos	
Poco conocimiento de todos los equipos del taller	Poder utilizar todas las máquinas herramientas del taller	> 85%	4 Flexibilidad de rotación en el trabajo	Reducir los costos por ausentismo	Cursos de relaciones interpersonales	
Ausentismo del personal en horas o días	Disminuir el ausentismo del personal	> 85%	5 Puntualidad en el trabajo	Incentivos por puntualidad	Flexibilidad para cumplir tareas y objetivos	
Cumplimiento de presupuesto de acuerdo a plan anual	Interactuar con la alta dirección de la Organización	> 85%	6 Soporte de la alta dirección	Garantizar la disponibilidad de recursos	Plan de Rotación en equipos de taller	
Baja realización profesional	Aumentar el grado de compromiso dentro de la organización	> 85%	7 Satisfacción laboral	Reconocimiento por actividades	Cambio de Horarios de trabajo	
Ambiente Laboral exigente	Generar Clima laborar seguro y confiable	> 85%	8 Ambiente de trabajo propicio	Mantener un espacio de trabajo limpio y ordenado	Compensación de horas	
Desconocimiento de Manufactura Sostenible	Instruir al personal en Manufactura Sostenible	> 85%	9,1 Conciencia sobre iniciativas de manufactura sostenible	Educación sobre temas sostenibles	Realizar planes de mejora anuales	
Falta de Manejo equipos CNC	Personal capacitado en herramientas CAD/CAM	> 85%	9,2 Actualización tecnológica	Capacitación permanente	Presupuestar implementación de mejoras	
Facilidad de prestamos en la organización	Facilitar prestamos Internos en caso de emergencias	> 85%	9,3 Apoyo financiero (en forma de prestamos etc)	Plan de Incentivos	Reconocimiento a las actividades	
Mejorar los requerimientos de calidad	Mejorar calidad de los productos	> 85%	10,1 Calidad requerida de los productos	Mejorar los instrumentos de medición	Plan de Incentivos	
Clasificación de Vituras y herramientas gastadas	Correcta recolección y clasificación de residuos generados	> 85%	10,2 Política de gestión de residuos	Clasificar antes de disposición final de los residuos	Políticas de ahorro	
Desperdicio de Energía en las actividades	Disminuir el consumo de Energía Eléctrica	> 85%	10,3 Política de conservación de energía	Promover el uso de Tecnologías limpias	Plan de ahorro caja comun	
Poca Rotación en el uso de equipos	Disponer de un equipo Multidisciplinario	> 85%	10,4 Flexibilidad de rotación en el trabajo	Flexibilidad y trabajos por objetivos	Calibración y certificación de Máquinas	
Uso del teléfono celular cuando esta trabajando	Garantizar la salud del personal	> 85%	10,5 Salud e higiene personal	Motivar al cuidado del recurso humano	Calibración de Equipos de medición.	

Ecuaciones. Ecuaciones del método Grey Relational Analysis

$$Alto\ es\ mejor:\ X_{ij} = \frac{y_{ij} - \text{Min}(y_{ij}, i = 1, 2, \dots, m)}{\text{Max}(y_{ij}, i = 1, 2, \dots, m) - \text{Min}(y_{ij}, i = 1, 2, \dots, m)}$$

$$Menor\ es\ mejor:\ X_{ii} \equiv \frac{Max(y_{ij}, i = 1, 2, \dots m) - y_{ij}}{Max(y_{ij}, i = 1, 2, \dots m)}$$

$$\gamma(x_{0j}, x_{ij}) = \frac{\Delta_{min} + \zeta \Delta_{max}}{\Delta_{ii} + \zeta \Delta_{max}}$$

$$\Gamma(x_0, x_i) = \sum_{j=1}^n w_j \gamma(x_{0j}, x_{ij})$$

Tabla 3. Evaluación Inicial de Indicadores de sostenibilidad. -Dimensión Social

2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	Promedio
------	------	------	------	------	----------

INDICADOR	Dimensión Social					GRG
	Colaborador #1	Colaborador #2	Colaborador #3	Colaborador #4	Colaborador #5	
1	0,500	0,667	0,667	0,667	0,667	0,633
2	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667
3	0,667	0,500	0,667	0,667	0,500	0,600
4	0,500	0,500	0,667	0,667	0,400	0,547
5	0,500	0,500	0,500	0,500	0,667	0,533
6	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
7	0,500	0,500	0,500	0,500	0,667	0,533
8	0,400	0,500	0,400	0,400	0,400	0,420
9,1	0,333	0,333	0,333	0,400	0,333	0,347
9,2	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333
9,3	0,400	0,333	0,400	0,333	0,333	0,360
10,1	0,667	0,667	1,000	1,000	0,667	0,800
10,2	0,500	0,400	0,400	0,500	0,500	0,460
10,3	0,500	0,400	0,500	0,500	0,500	0,480
10,4	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
10,5	0,400	0,400	0,500	0,500	0,400	0,440

Tabla 5. Evaluación Final de Indicadores de sostenibilidad. -Dimensión Social

#	INDICADORES SOCIALES EVALUACION FINAL	Colaborador #1	Colaborador #2	Colaborador #3	Colaborador #4	Colaborador #5	Calificado por:
1	Productividad del trabajador	4,00	4,00	4,00	5,00	4,00	Jefe de Departamento
		3,00	4,00	4,00	4,00	3,00	Ingeniero 1
		4,00	4,00	4,00	5,00	4,00	Promedio
2	Relaciones con otros trabajadores	4,00	5,00	5,00	5,00	4,00	Jefe de Departamento
		3,00	5,00	4,00	4,00	4,00	Ingeniero 1
		4,00	5,00	5,00	5,00	4,00	Promedio
3	Habilidades del trabajador	4,00	4,00	4,00	5,00	4,00	Jefe de Departamento
		3,00	3,00	4,00	5,00	3,00	Ingeniero 1
		4,00	4,00	4,00	5,00	4,00	Promedio
4	Flexibilidad de rotación en el trabajo	3,00	5,00	3,00	4,00	3,00	Jefe de Departamento
		3,00	3,00	4,00	4,00	3,00	Ingeniero 1
		3,00	5,00	4,00	4,00	3,00	Promedio
5	Puntualidad en el trabajo	4,00	3,00	4,00	4,00	4,00	Jefe de Departamento
		3,00	3,00	2,00	4,00	4,00	Ingeniero 1
		4,00	3,00	4,00	4,00	4,00	Promedio
6	Soporte de la alta dirección	3,00	4,00	3,00	4,00	4,00	
7	Satisfacción laboral	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	
8	Ambiente de trabajo propicio	3,00	4,00	4,00	3,00	3,00	
9 Grado de apoyo de la dirección							Calificado por los mismos trabajadores
9,1	Conciencia sobre iniciativas de manufactura sostenible	2,00	3,00	2,00	4,00	3,00	
9,2	Actualización tecnológica	3,00	3,00	4,00	4,00	3,00	
9,3	Apoyo financiero (en forma de préstamos etc)	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	
10 Cumplimiento de los requisitos reglamentarios por parte del trabajador:		Colaborador #1	Colaborador #2	Colaborador #3	Colaborador #4	Colaborador #5	Calificado por:
10,1	Calidad requerida de los productos	3,00	3,00	4,00	5,00	5,00	Auditor 1
		4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	Auditor 2
		4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	Promedio
10,2	Política de gestión de residuos	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00	Auditor 1
		4,00	2,00	3,00	4,00	4,00	Auditor 2
		4,00	3,00	3,00	4,00	4,00	Promedio
10,3	Política de conservación de energía	4,00	2,00	4,00	4,00	3,00	Auditor 1
		3,00	2,00	3,00	4,00	3,00	Auditor 2
		4,00	2,00	4,00	4,00	3,00	Promedio
10,4	Flexibilidad de rotación en el trabajo	3,00	2,00	4,00	4,00	3,00	Auditor 1
		4,00	3,00	3,00	5,00	4,00	Auditor 2
		4,00	3,00	4,00	5,00	4,00	Promedio

4,00	5,00	5,00	4,00	4,00	Promedio
------	------	------	------	------	----------

INDICADOR	Colaborador	Colaborador	Colaborador	Colaborador	Colaborador	GRG
	#1	#2	#3	#4	#5	
1	0,600	0,600	0,600	1,000	0,600	0,680
2	0,600	1,000	1,000	1,000	0,600	0,840
3	0,600	0,600	0,600	1,000	0,600	0,680
4	0,429	1,000	0,600	0,600	0,429	0,611
5	0,600	0,429	0,600	0,600	0,600	0,566
6	0,429	0,600	0,429	0,600	0,600	0,531
7	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
8	0,429	0,600	0,600	0,429	0,429	0,497
9,1	0,333	0,429	0,333	0,600	0,429	0,429
9,2	0,429	0,429	0,600	0,600	0,429	0,497
9,3	0,429	0,429	0,333	0,429	0,429	0,410
10,1	0,600	0,600	1,000	1,000	1,000	0,840
10,2	0,600	0,429	0,429	0,600	0,600	0,531
10,3	0,600	0,333	0,600	0,600	0,429	0,512
10,4	0,600	0,429	0,600	1,000	0,600	0,646
10,5	0,600	1,000	1,000	0,600	0,600	0,760

- En el diagnóstico de sostenibilidad final, un incremento global del 9,21% de los indicadores de sostenibilidad social, evidenciando mejoras significativas, entre los que tenemos: relaciones con otros trabajadores (17,3%), actualización tecnológica (16,4%) y flexibilidad de rotación en el trabajo (14,6%).
 - La metodología del Análisis Relacional Gris (*Grey Relational Analysis*, GRA) es adecuada para la evaluación de indicadores de sostenibilidad cualitativos de la dimensión social; ya que presenta facilidades para comparar las diferentes magnitudes en las que los indicadores podrían estar expresadas, normaliza los resultados en valores comprendidos en el rango de 0 a 1 (o expresarlos en porcentajes) y permite un análisis homogéneo.
 - Se verifica la aplicabilidad del ciclo de mejora continua de Deming, aplicado a la sostenibilidad y a la administración estratégica de las operaciones sustentables de manufactura.

- Bhanot, N., P.Venkateswara Rao, and S. G. Deshmukh. (2015). "Sustainability Assessment Framework for a Manufacturing Firm: An Exploratory Study." *Journal of Practice Management* 39(2):36–46.
 - Bhanot, N., P.Venkateswara Rao, and S. G. Deshmukh. (2016a). "An Assessment of Sustainability for Turning Process in an Automobile Firm." pp. 538–43 in *Procedia CIRP*, vol. 48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.024>.
 - Bhanot, N., P.Venkateswara Rao, and S. G. Deshmukh. (2016b). "An Integrated Sustainability Assessment Framework: A Case of Turning Process." *Clean Technologies and Environmental Policy* 18(5):1475–1513.
 - Helu M. & Dornfeld D. (2013). *Principles of Green Manufacturing*. En D.A. Dornfeld (ed.), *Green Manufacturing: Fundamentals and Applications* (111-113), Springer New York Heidelberg Dordrecht London. DOI: 10.1007/978-1-4419-6016-0/
 - United Nations (2015a). Objetivos de desarrollo sostenible. Recuperado de: <<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>>.
 - United Nations (2015b). Se debe acelerar la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible. Recuperado de: <<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2017/07/se-debe-acelerar-la-implementacion-de-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible/>>.
 - Wang, S., X. Lu, X. X. Li, and W. D. Li. (2015). "A Systematic Approach of Process Planning and Scheduling Optimization for Sustainable Machining." *Journal of Cleaner Production* 87(C):914–29

Digitized by srujanika@gmail.com

#	INDICADORES	GRG INICIAL	GRG FINAL	VARIACION
1	Productividad del trabajador	0,633	0,680	0,047
2	Relaciones con otros trabajadores	0,667	0,840	0,173
3	Habilidades del trabajador	0,600	0,680	0,080
4	Flexibilidad de rotación en el trabajo	0,547	0,611	0,065
5	Puntualidad en el trabajo	0,533	0,566	0,032
6	Soporte de la alta dirección	0,500	0,531	0,031
7	Satisfacción laboral	0,533	0,600	0,067
8	Ambiente de trabajo propicio	0,420	0,497	0,077
9,1	Conciencia sobre iniciativas de manufactura sostenible	0,347	0,425	0,078
9,2	Actualización tecnológica	0,333	0,497	0,164
9,3	Apoyo financiero (en forma de préstamos etc)	0,360	0,410	0,050
10,1	Calidad requerida de los productos	0,800	0,840	0,040
10,2	Política de gestión de residuos	0,460	0,531	0,071
10,3	Política de conservación de energía	0,480	0,512	0,032
10,4	Flexibilidad de rotación en el trabajo	0,500	0,646	0,146
10,5	Salud e higiene personal	0,440	0,760	0,320

E
AL 0,510 0,602 0,092 9,21%

