

DISEÑO DE PRODUCTOS Y PROCESOS INDUSTRIALES LOGRANDO LA ECOEFICIENCIA. APLICACIÓN A LA FÁBRICA DE MUEBLES LA CIBELES (JALISCO, MÉXICO).

Lucio Guzmán Mares

Alfonso Moreno Salazar

Claudia Verónica Gómez Gómez

Alberto J. Valencia Botín

Universidad de Guadalajara, México.

Wilver Contreras Miranda

Universidad de Los Andes, Venezuela.

Ma. Soledad Castellanos Villarruel

Instituto Tecnológico de Ocotlán, México.

Salvador F. Capuz Rizo

Universidad Politécnica de Valencia, España

Abstract

One of the biggest challenges faced every day by organizations is to offer their products and services with the combination demanded by the eco-efficiency, that means satisfying human needs, enhancing quality of life, reducing environmental impacts at a competitive price.

The design for the life cycle is focused on discovering and reducing environmental impacts, not just transferring them to other media or activities, but helping to find new ways to get products and processes more environmentally friendly.

This article presents the results of field work along a pilot project in the furniture industry. It develops the case study to a representative product of this sector, backed with the methodology of life cycle assessment and software SimaPro, concluding with the analysis of the outcomes in social, environmental and economic areas.

Keywords: *Environmental improvement, Economic and Human. Eco-efficiency.*

Resumen

Uno de los mayores retos que enfrentan día a día las organizaciones es el de ofertar sus productos y servicios de manera ecoeficiente, lo que significa satisfacer las necesidades humanas, incrementando la calidad de vida, reduciendo los impactos ambientales y a un precio competitivo.

El diseño para el ciclo de vida está enfocado a descubrir y reducir los impactos ambientales, no simplemente transfiriéndolos a otros medios o actividades, sino contribuyendo a encontrar nuevas formas de obtener productos y procesos más respetuosos con el medio ambiente.

En este artículo se presenta los resultados del trabajo de campo correspondiente a un proyecto piloto en la industria del mueble. Se desarrolla el caso de estudio a un mueble representativo de este sector, apoyado con la metodología de análisis del ciclo de vida y la herramienta informática Simapro, terminando con las conclusiones correspondientes a las mejoras alcanzadas en las áreas ambiental, económica y social.

Palabras Clave: *Mejora Ambiental, Económica y Humana. Ecoeficiencia.*

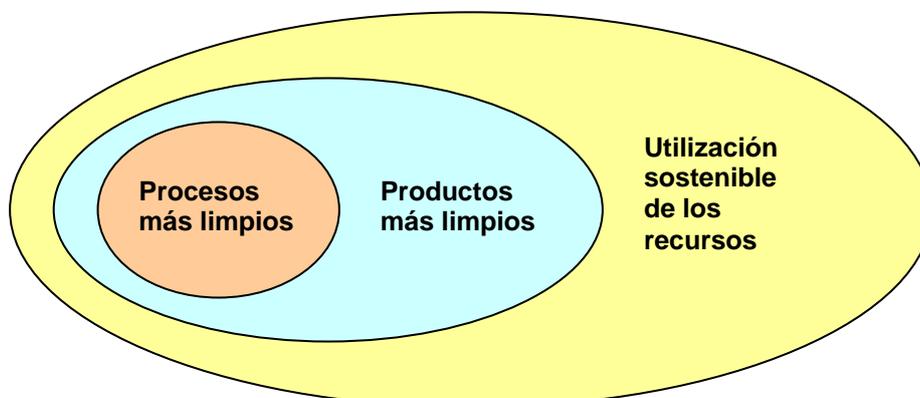
1. Introducción.

El término de Ecoeficiencia ha tenido una considerable influencia en la formación de las políticas y prácticas medioambientales de corporaciones de clase mundial. Según Gómez (2004), el concepto de Ecoeficiencia del Consejo Empresarial para el Desarrollo Sostenible (Business Council on Sustainable Development – BCSD), sugiere una importante conexión entre el uso eficiente de los recursos y la responsabilidad medioambiental.

Las tres categorías de enfoques de Ecoeficiencia sugeridas por el BCSD, según Fiksel (1997) (Figura 1), son:

1. **Procesos más limpios:** modificando las tecnologías y los procesos de producción de forma que generen menos contaminación y residuos. En este enfoque se asume que la definición del producto ya ha sido establecida.
2. **Productos más limpios:** modificando el diseño y la composición de materiales de los productos de forma que generen menos contaminación y residuos a lo largo de todo su ciclo de vida. Puesto que la fabricación no es más que una de las fases del ciclo de vida, este enfoque implica el desarrollo de procesos más limpios, permitiendo cambios fundamentales del producto en sí.
3. **Utilización sostenible de los recursos:** modificando todo el sistema de producción e incluso las relaciones con los proveedores y los clientes, de manera que se consuma menos recursos materiales y energéticos por unidad de valor producida. Puesto que la reducción de la contaminación y de los residuos no es más que una de las formas de reducir la utilización de recursos, este enfoque incluye productos y procesos más limpios, permitiendo innovaciones técnicas y económicas más amplias, descritas frecuentemente como *Ecología Industrial*.

Figura 1. Forma de Alcanzar la Ecoeficiencia. Elaboración propia



Y por todo ello, se puede hacer mención de lo expuesto por la UNEP-WBCSD (1998):

*“que una empresa consigue la **Ecoeficiencia** cuando oferta productos y servicios a un precio competitivo, que satisfacen necesidades humanas incrementando su calidad de vida, mientras a lo largo de su ciclo de vida reducen progresivamente el impacto medioambiental y la intensidad del uso de recursos, al menos, hasta el nivel de la capacidad de carga del planeta”.*

En el caso específico de la producción de muebles, desde finales del pasado siglo a la fecha, su producción se ha transformado e intensificado en forma considerable. Esta situación se encuentra no sólo en los materiales utilizados, sino también en el diseño y la tecnología de producción. De ahí que, en los procesos de transformación han sido determinantes en las tendencias productivas internacionales. En particular de la Industria del Mueble de México, la cual su máxima producción se concentra en el estado de Jalisco con un 16% de participación, y en base a sus características dominantes, es considerada como una actividad de tradición familiar, relativamente joven, renuentes a los cambios y de estilo predominantemente artesanal. Sin embargo, para mantenerse en el mercado nacional y estar en posibilidades de competir en el mercado internacional, este sector requiere mejorar sus procesos productivos en términos de acabado y funcionalidad de sus productos, desarrollar productos más respetuosos con el medio ambiente y optimizar los canales de distribución.

2. El Análisis del Ciclo de Vida (ACV).

El ACV, tal y como se define en la norma UNE-EN ISO 14040 (2006):

“recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida”.

Las categorías generales de impactos medioambientales que precisan consideración incluyen el uso de recursos naturales, la salud humana y las consecuencias ecológicas.

2.1. Metodología del ACV.

No hay un método único para realizar un estudio de ACV. Las organizaciones normalmente implementan en la práctica el ACV según se establece en la Norma ISO 14040 (AENOR. UNE-EN ISO 14040:2006), basándose en la aplicación específica y en los requerimientos del usuario. Para este trabajo se llevaron a cabo las fases que marca dicha metodología.

Un ACV completo incluye las siguientes fases:

- **Definición del objetivo y el alcance:** La aplicación pretendida, las razones para realizar el estudio y el destinatario previsto.
- **Análisis de Inventario:** Comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes de un sistema del producto.
- **Evaluación de impacto:** Se evalúa la importancia de los potenciales impactos ambientales utilizando los resultados del análisis de inventario de ciclo de vida.
- **Interpretación de resultados:** Conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones, de forma consistente con el objetivo y alcance definidos.

3. Caso de Estudio.

El desarrollo de mejoras a productos y procesos industriales en la industria del mueble, caso *La Cibeles* de Ocotlán, estado de Jalisco, México, a partir de la aplicación de la metodología

de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (Normas ISO 14040 (AENOR. UNE-EN ISO 14040:2006) y el software Simapro que es una herramienta informática profesional para recoger, analizar y supervisar el comportamiento ambiental de productos y servicios (Simapro, 2009), y que a partir de su uso, se pudieron detectar impactos negativos en la Línea 1 de la producción tradicional de muebles de madera sólida, especialmente en la etapa de pintura; y con el trabajo en paralelo de sensibilización y capacitación a la alta gerencia y trabajadores de la empresa en materia ambiental, se logró realizar una Línea 2 (línea ecológica) la cual haciendo mejoras en tecnologías limpias y propuesta de cambio en los acabados superficiales de los muebles manufacturados, se logró disminuir los impactos negativos al ambiente, alcanzando la ecoeficiencia como en los siguientes apartados se demuestra.

3.1. Empresa la Cibeles.

La Fábrica de Muebles La Cibeles Sociedad Anónima de Capital Variable abrió sus puertas el día 20 de septiembre de 1988, en la ciudad de Ocotlán, Jalisco. Iniciando operaciones con tan sólo seis personas, quienes haciendo un gran esfuerzo de trabajo y desempeño lograron formar una compañía que en la actualidad reúne a un grupo de trabajo de más de doscientos trabajadores. En 1995 dio un gran avance al comenzar con la exportación de muebles hacia Estados Unidos, Emiratos Árabes y Centro América. El nombre de la empresa, *La Cibeles*, se lo deben a un agente de ventas de nacionalidad española (que en ese tiempo formaba parte de la compañía), y en honor al monumento la Cibeles de la ciudad de Madrid, España, se colocó el nombre a la empresa.

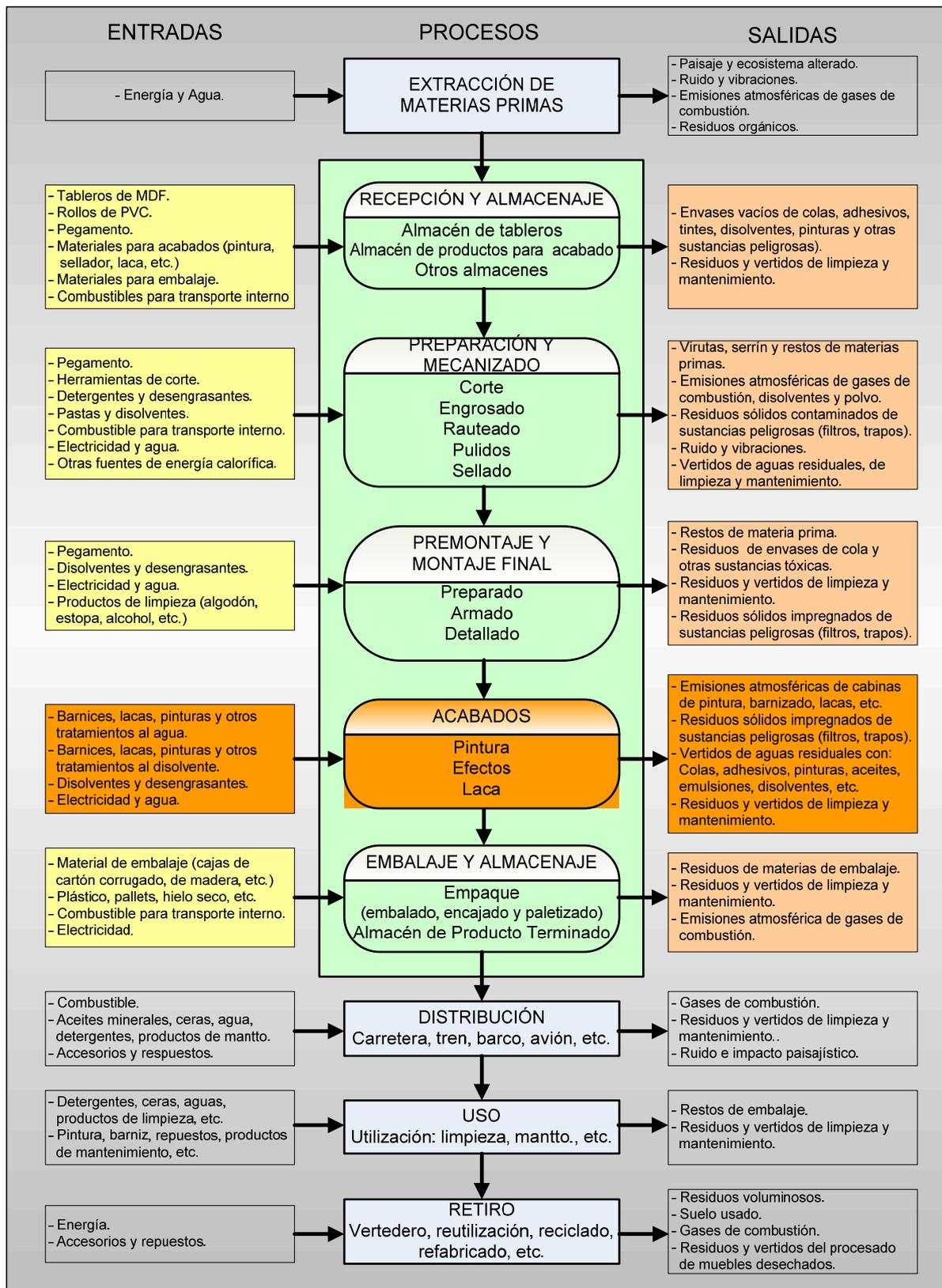
Desde su inicio se han dedicado a fabricar recámaras y comedores; de línea clásica, contemporánea y vanguardista, y cada vez más va creciendo el catalogo de productos ofertados con una amplia variedad para todos los gustos y estilos de vida.

La línea de comedores son las de mayores ventas en esta empresa, con un 60% de las ventas netas. Por tanto, se decidió tomar para el *proyecto en estudio*, sólo la mesa (cubierta) del conjunto (preparación de la mejora). La mesa es considerada por los clientes como la pieza clave para determinar la calidad del comedor, puesto que en la cubierta se puede observar claramente el buen o mal acabado; además de presentar mayor grado de libertad para lograr la mejora deseada y planificada (la ecoeficiencia).

Figura 2. Vista general del Comedor Cassini Classic Matte. Fuente: La Cibeles



Figura 3. Sistema Producto del Comedor Cassini, Industria La Cibeles, para determinar el Ciclo de Vida Actual de la Línea 1 - Tradicional. Fuente: Guzmán (2005).



3.2. Ciclo de Vida del Producto: Comedor *Cassini Classic Matte* (Línea 1), en la Empresa La Cibeles.

Para conocer el ciclo de vida de la mesa del juego de Comedor *Cassini Classic Matte* (Figura 2), en primera instancia, se realizó el *Sistema Producto* (Figura 3) de los procesos de producción que intervienen en la fabricación de la cubierta de la mesa seleccionada, describiendo cada uno de ellos en forma detallada. Posteriormente, se estudiaron sus entradas y salidas, cerrando el ciclo de vida de este producto.

Para dicho análisis se han considerado todas aquellas etapas involucradas en el mismo. Sin embargo, se ha efectuado un análisis adicional de sólo aquellas etapas que conforman el proceso de producción por ser las de mayor impacto ambiental. Además, éstas son las que pueden ser controladas más fácilmente por la empresa y con mayor grado de libertad.

La evaluación del Ciclo de Vida del producto se llevó a cabo en el software Simapro, con respecto al Eco-Indicador 99 (Pré Consultants B.V., 1999), en su perspectiva individualista (I/A), el cual es considerado por Vivancos (2003) como el más representativo de su clase y que considera sólo los efectos probados a corto plazo. La tabla 1 muestra las puntuaciones correspondientes a la valoración de impacto tanto para el ciclo de vida del producto de la Línea 1 tradicional (CVL1), como para aquellas etapas que integran el proceso de producción de dicha línea (PROCL1). Destacando que entre mayor sea la puntuación, mayor es el impacto ambiental. Obsérvese como es mayor el impacto en el CVL1 en un 65% que el propio proceso en estudio PROC1.

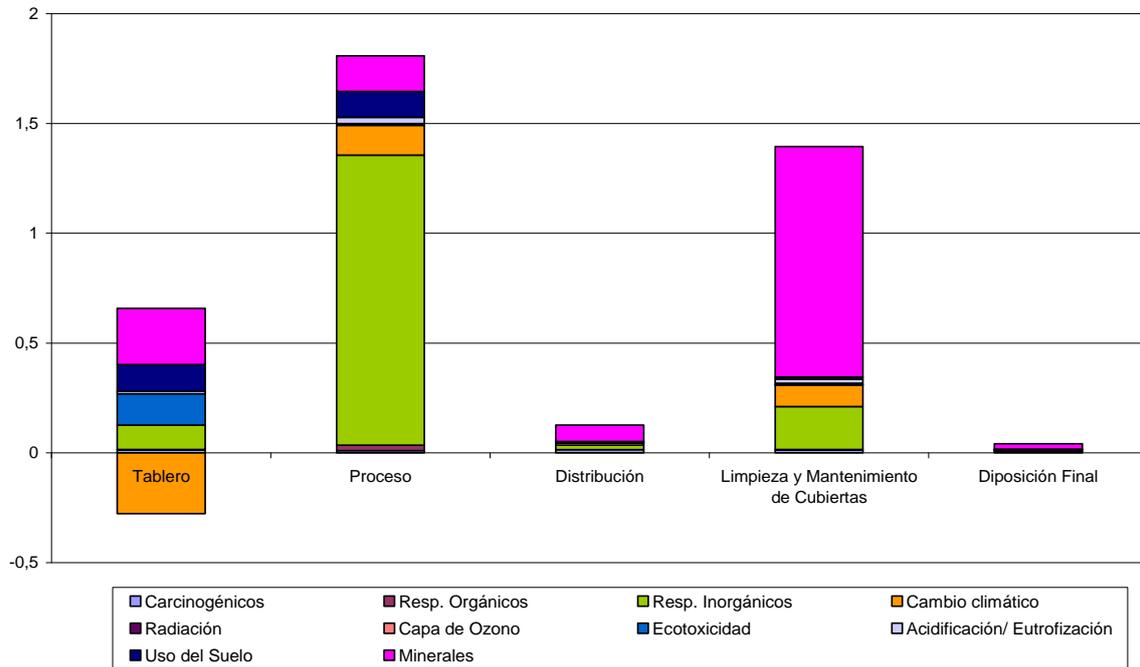
Tabla 1. ACV Eco-Indicador 99 según la perspectiva individualista (I/A) de la Línea 1 Tradicional. Fuente: Elaboración propia.

Eco indicador 99	CVL1 Puntuación única	PROCL1 Puntuación única
I/A	3.37	1,81

Tras el ACV de la cubierta para mesa del Comedor *Cassini Classic Matte*, fabricada mediante el flujo de producción de la línea tradicional, se obtiene que la etapa que incluye los “procesos de producción” suponga el mayor impacto, seguido por “limpieza y mantenimiento”, con respecto al resto de las demás etapas. Esto es debido a la utilización de elementos inorgánicos como son principalmente los pinturas, barnices o colas; como lo muestra la barra “proceso” (el color verde) de la figura 4.

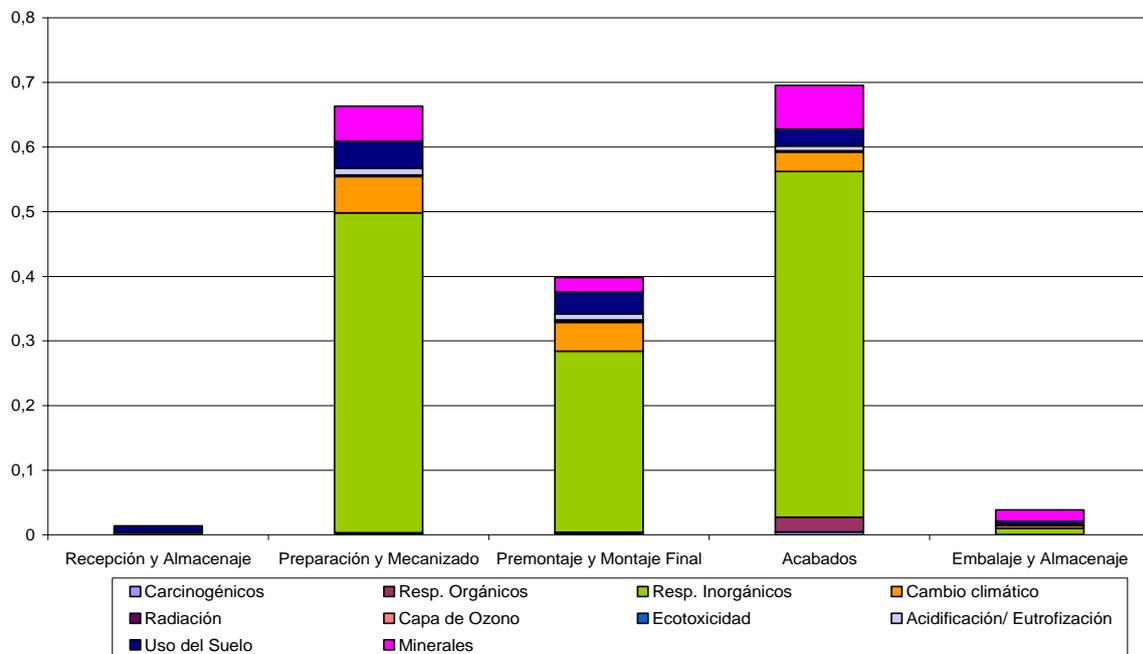
De los resultados anteriores, se tomó la decisión de considerar el “proceso” como área de oportunidad para mejorar en primera instancia. Por tanto, de aquí en adelante, los análisis de mejora se enmarcarán en esta etapa del ciclo de vida del mueble.

Figura 4. ACV_Completo Eco-Indicator 99 I/A, Línea 1 Tradicional. Fuente: Simapro



Los gráficos y resultados obtenidos del análisis en la valoración de impacto únicamente del “proceso”, según *Eco indicador 99* para la situación actual, se presentan en la figura 5, así como el diagrama de red del ciclo de vida en la figura 6.

Figura 5. ACV_Proceso Eco Indicador 99 I/A, Línea 1 Tradicional. Fuente: Simapro



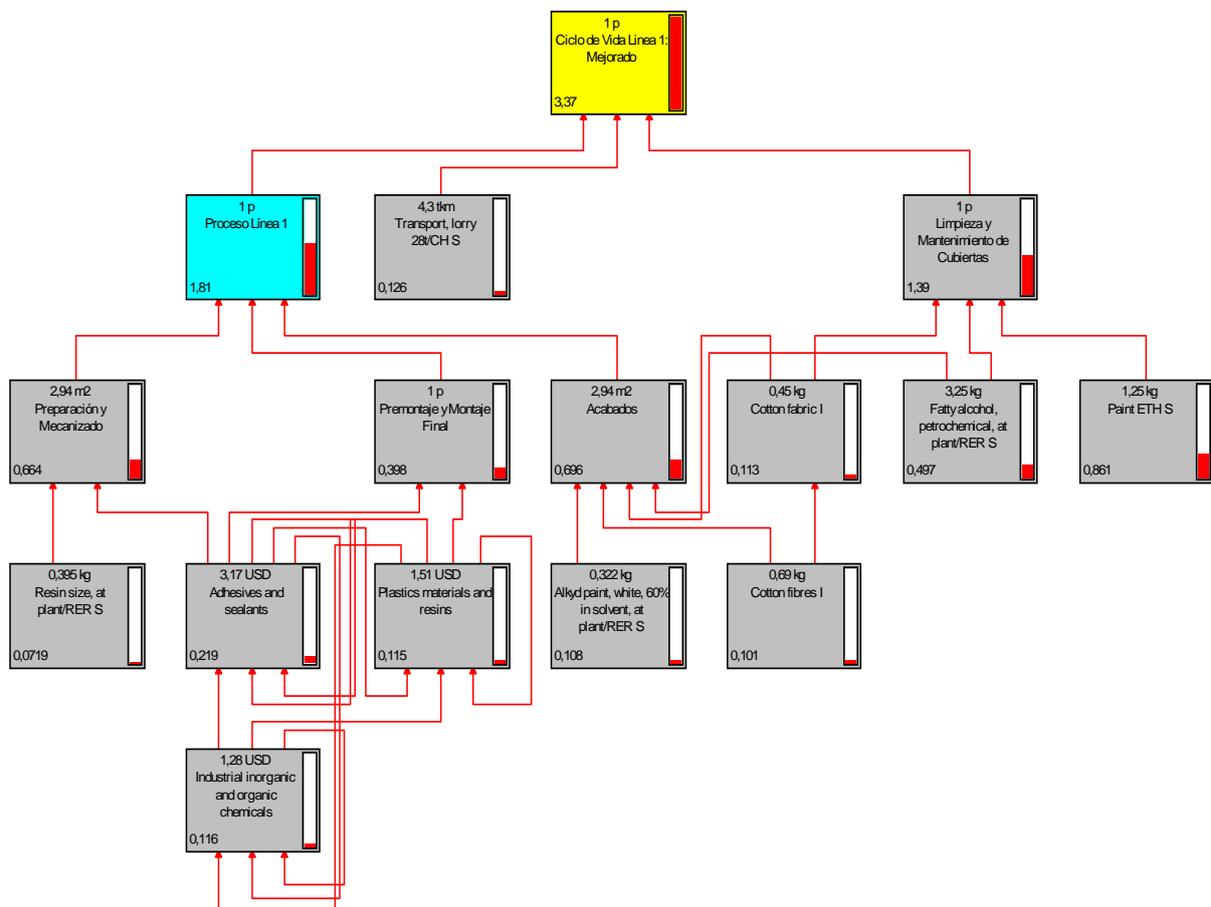
En la figura 5 se observa que el proceso de “acabados” es el de mayor impacto seguido de “preparación y mecanizado”, con respecto a los procesos que comprende la parte de

fabricación del ciclo de vida del mueble. Como ya se ha comentado anteriormente es debido a la utilización de elementos inorgánicos, que por su propia naturaleza son necesarios, principalmente solventes y resinas.

En la figura 6 se puede observar, de una forma más desglosada, que dentro del ciclo de vida de la línea 1 el que más impacta es el “proceso” y dentro de éste el que supone mayor impacto ambiental es el de “acabados” (como ya se comentado), mostrando los principales elementos que intervienen como son: solventes y resinas en un 60%, fibras derivadas del algodón, alcohol industrial, petroquímicos, entre otros.

Como conclusión de este apartado, es claro que el proceso de acabados es el que más contamina en la industria del mueble. Este proceso es a base de pinturas, barnices o colas, etc., para dar el terminado final a las cubiertas. Por tanto, se consideró *sustituir* este proceso por el de *prensado de membrana*, donde el terminado final de las cubiertas es por medio de una película a base de PVC adherida a la superficie de la cubierta (ver figura 7).

Figura 6. Diagrama de Red del ACV_Completo Eco-Indicator 99 I/A, Línea 1 Tradicional. Fuente: Simapro



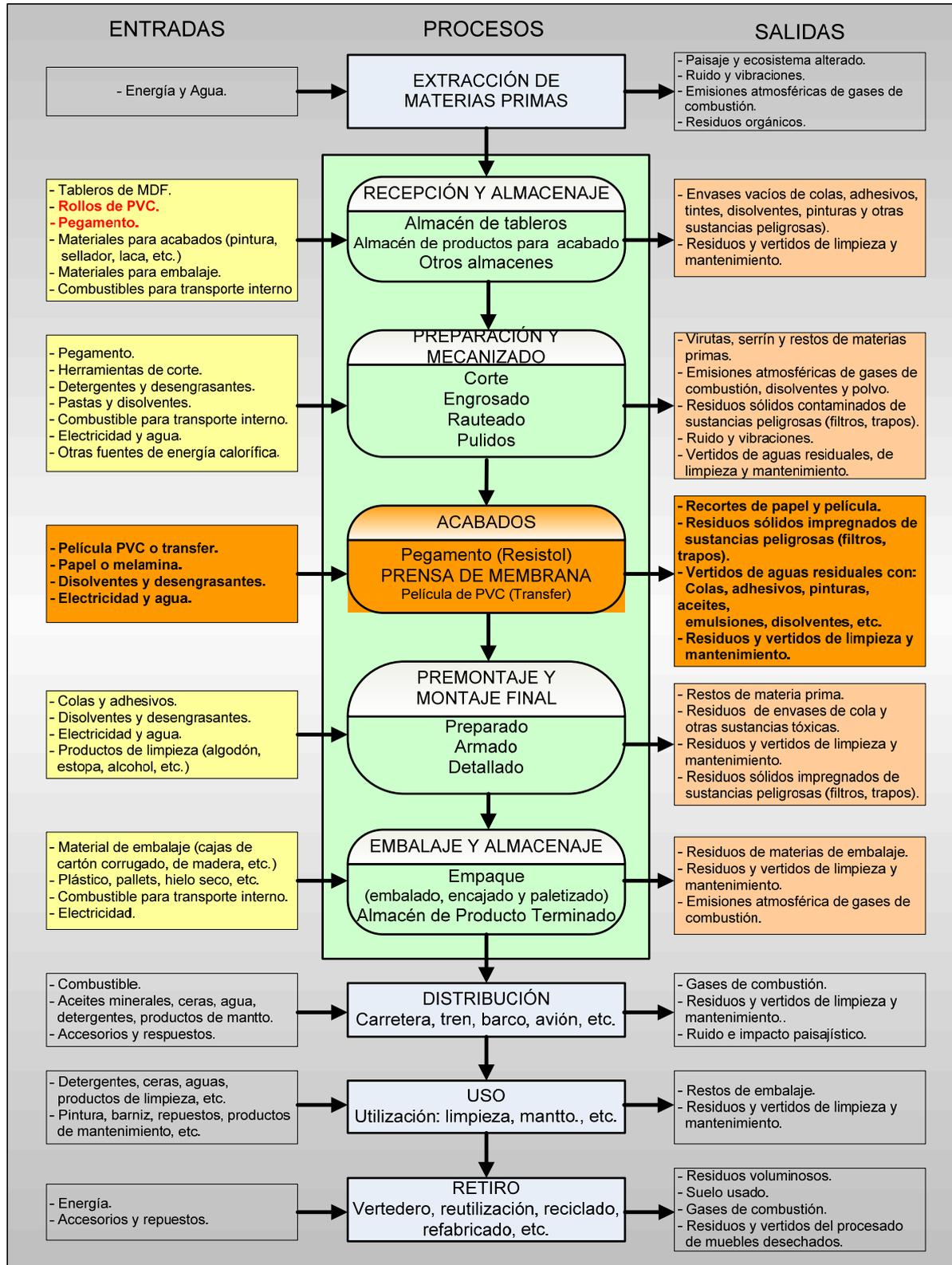
La tabla 2 presenta los costes de los materiales que intervienen en la fabricación de la cubierta de la mesa considerada en el proyecto. Destacando los procesos que comprende “acabados” en el área sombreada de la misma.

Tabla 2. Costes por Proceso de la Línea 1 Tradicional. Fuente: Elaboración propia.

Proceso	Descripción	Unidad	Coste Unitario €	Cantidad	Total €
CORTE	AGL. Natural 12 mm 550 min	Hoja	4,1668	0,1050	0,4375
	MDF natural 12 mm 4 x 8 ch.	Hoja	8,0546	1,0769	8,6740
					9,1115
PULIDO I	Disco lona g-120 50 x caja	Pza.	0,2654	0,1250	0,0332
	Lija esmeril g-100	Pza.	0,5015	0,0420	0,0211
					0,0542
HERRAJES	Clavos "s" 3/4 (10000)	Caja	5,9846	0,0080	0,0479
	Escuadra metal 1 1/2x1 1/2 (500)	Pza.	0,0200	4,0000	0,0800
	Chilillo 6 x 1/2 negro	Pza.	0,0030	8,0000	0,0239
	POLIPAK 1/8 105mts largo 2.0 ancho	Rollo	24,0385	0,0200	0,4808
	Adhesivo 8500 20kg	Kg.	1,0400	0,1000	0,1040
					0,7365
SELLADO	Uc 1010 19l endureseyer	Lts.	2,1462	0,2600	0,5581
	Ud 1000 20l dilusayer	Lts.	0,8692	0,2600	0,2260
	Uf 3000 fondo base medio	Lts.	1,7846	0,1949	0,3478
	Uf 1200.5 fondo poliur	Lts.	2,1462	0,4548	0,9760
					1,1697
PULIDO 2	Disco stick 5" 320 75 x rollo	Pza.	0,1777	1,0000	0,1777
	Disco stick 5" 220 (175 x rollo)	Pza.	0,1777	0,5000	0,0888
					0,2665
PINTURA	Ns-1173.8 sellador vino pintura	Lts.	1,3769	0,6100	0,8399
					0,8399
EFECTOS	Disco stick 5" 320 75 x rollo	Pza.	0,1777	0,0800	0,0142
	Fibra metálica delgada (6 kgs)	Kg.	3,0385	0,0600	0,1823
	Otm-0172. Tinta negra p/vetear	Lts.	1,9000	0,1900	0,3610
					0,5575
DETALLADO 2	Disco stick 5" 320 75 x rollo	Pza.	0,1777	1,0000	0,1777
	Disco stick 5" 220 (175 x rollo)	Pza.	0,1777	1,0000	0,1777
					0,3554
LACA	Fibra gris (p/reproceso)	Pza.	0,6923	0,1000	0,0692
	Tinta	Lts.	7,5462	0,0319	0,2403
	Um-1030	Lts.	2,7077	0,3879	1,0504
	Uc-1010	Lts.	2,1462	0,1940	0,4163
	Ud-1000	Lts.	0,8692	0,0389	0,0338
					1,8101
EMPAQUE	Caja p/mesa CASSINI	Pza.	2,4031	1,0000	2,4031
	Cinta (canela) empaque	Pza.	0,6962	0,0200	0,0139
	Fleje polipropileno 3/8 rojo	Kg.	1,5923	0,0025	0,0040
					2,4210
ENGROSADO	Clavos "s" 3/4 (10000)	Caja	5,9846	0,0018	0,0108
	Adhesivo 8500 20kg	Kg.	1,0400	0,2500	0,2600
					0,2708
TOTAL					18,5313

3.3. Rediseño del Proceso/Productos Línea 2 Ecológica.

Figura 7. Ciclo de Vida Rediseñado de la Línea 2 Ecológica. Fuente: Guzmán (2005).



Una vez efectuados los cambios deseados en el nuevo proceso y/o producto, se ha realizado nuevamente el ACV con el mismo método y misma perspectiva para el Rediseño del producto *Comedor Cassini Classic Matte*, el cual desencadenó en el nuevo producto definido como el *Comedor Prominence* (Figura 8). En la tabla 3 se muestra las puntuaciones correspondientes a cada eco-indicador, tanto para el ciclo de vida mejorado (CVL2) como para el proceso de producción rediseñado (PROCL2).

Figura 8. Vista general del Comedor Prominence, generador de la Línea 2 Ecológica. Fuente: La Cibeles

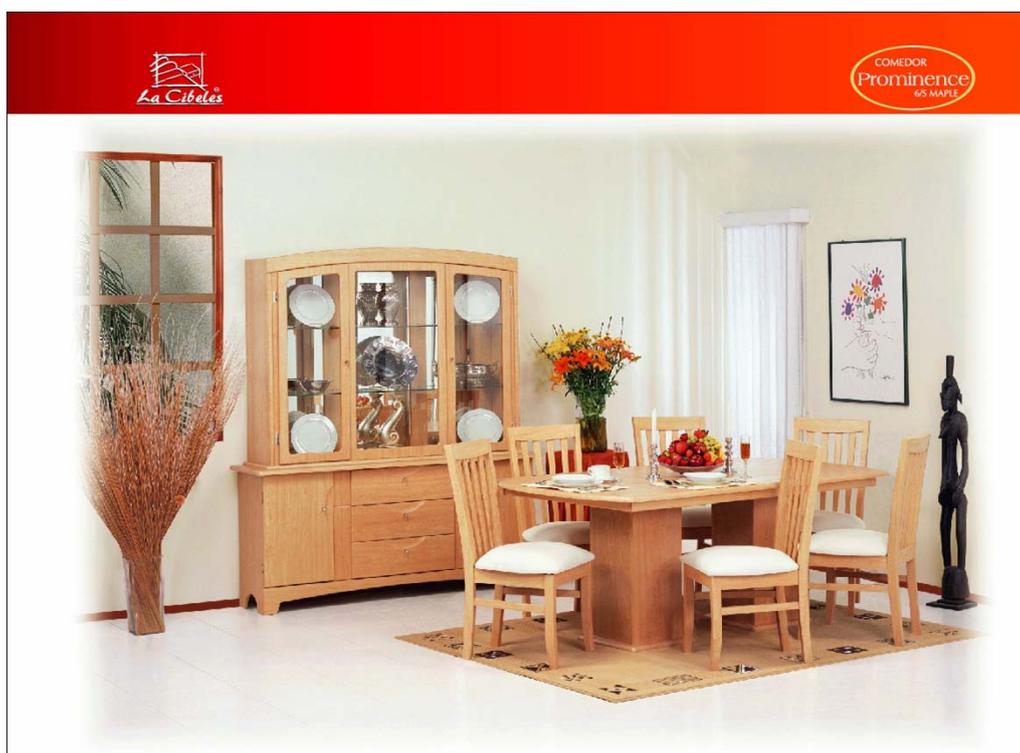
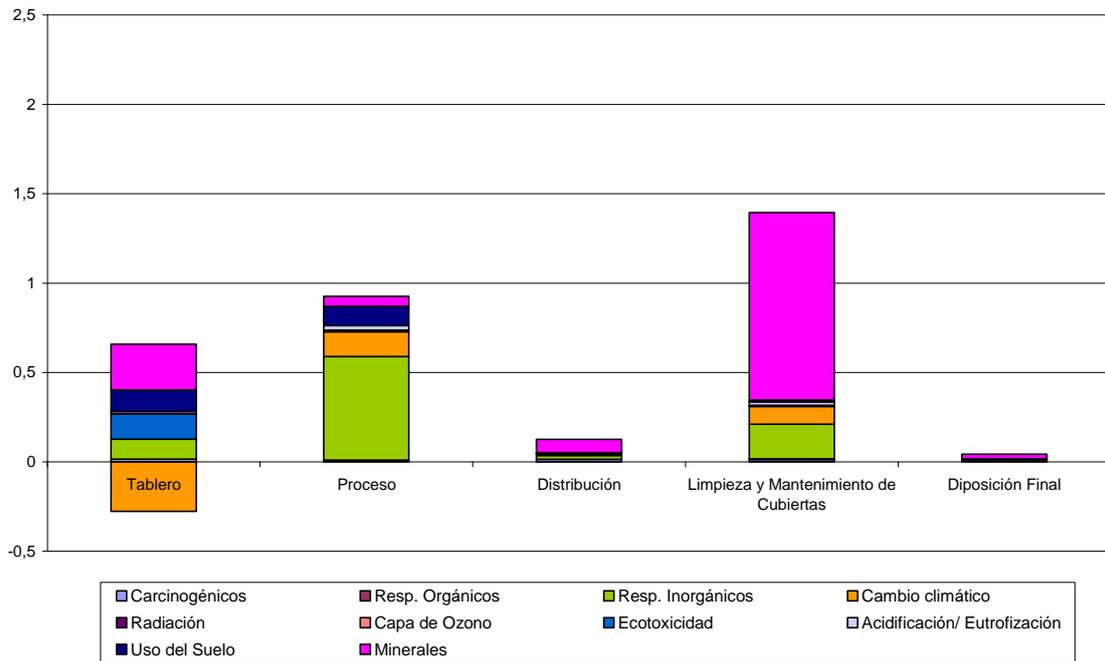


Tabla 3. ACV Eco-Indicador 99, Línea 2 Ecológica. Fuente: Elaboración propia.

Eco indicador 99	CVL2 Puntuación única	PROCL2 Puntuación única
I/A	2,49	0,93

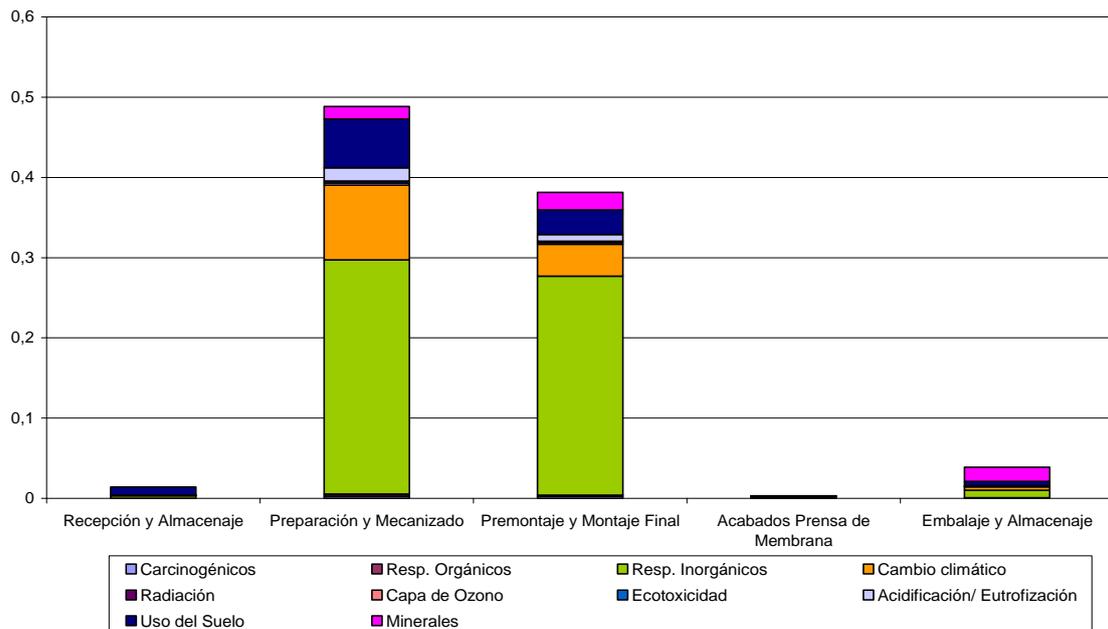
Los gráficos obtenidos del análisis en la valoración de impacto del ciclo de vida del producto, según Eco-Indicador 99, se presentan en la figura 9. Tras el ACV de la cubierta para mesa fabricada en base al diagrama de flujo de producción de la línea ecológica (figura 7), evaluado a través del mismo Eco-Indicador, se obtiene que la etapa de *limpieza y mantenimiento de cubiertas* suponga el mayor impacto, seguido de cerca por la etapa que incluye *materias primas y proceso de producción*. Obsérvese en la figura como la barra de *limpieza y mantenimiento de cubiertas* el color rosa es el que se refiere a la utilización de minerales y en menor grado el color verde es respecto a la utilización de elementos inorgánicos, los cuales son usados para dar el mantenimiento correspondiente a la cubierta.

Figura 9. ACV_Completo Eco-Indicador 99 I/A, Línea Ecológica. Fuente: Simapro



Por otra parte, esta figura 9 muestra como en la barra referente al *proceso* se ha disminuido significativamente el impacto ambiental. Sin embargo, sigue siendo área de oportunidad de mejora ambiental que debe dársele un seguimiento adecuado, buscando materiales alternativos – más limpios propios a este proceso en procura de evitar o reducir al mínimo el uso de elementos inorgánicos.

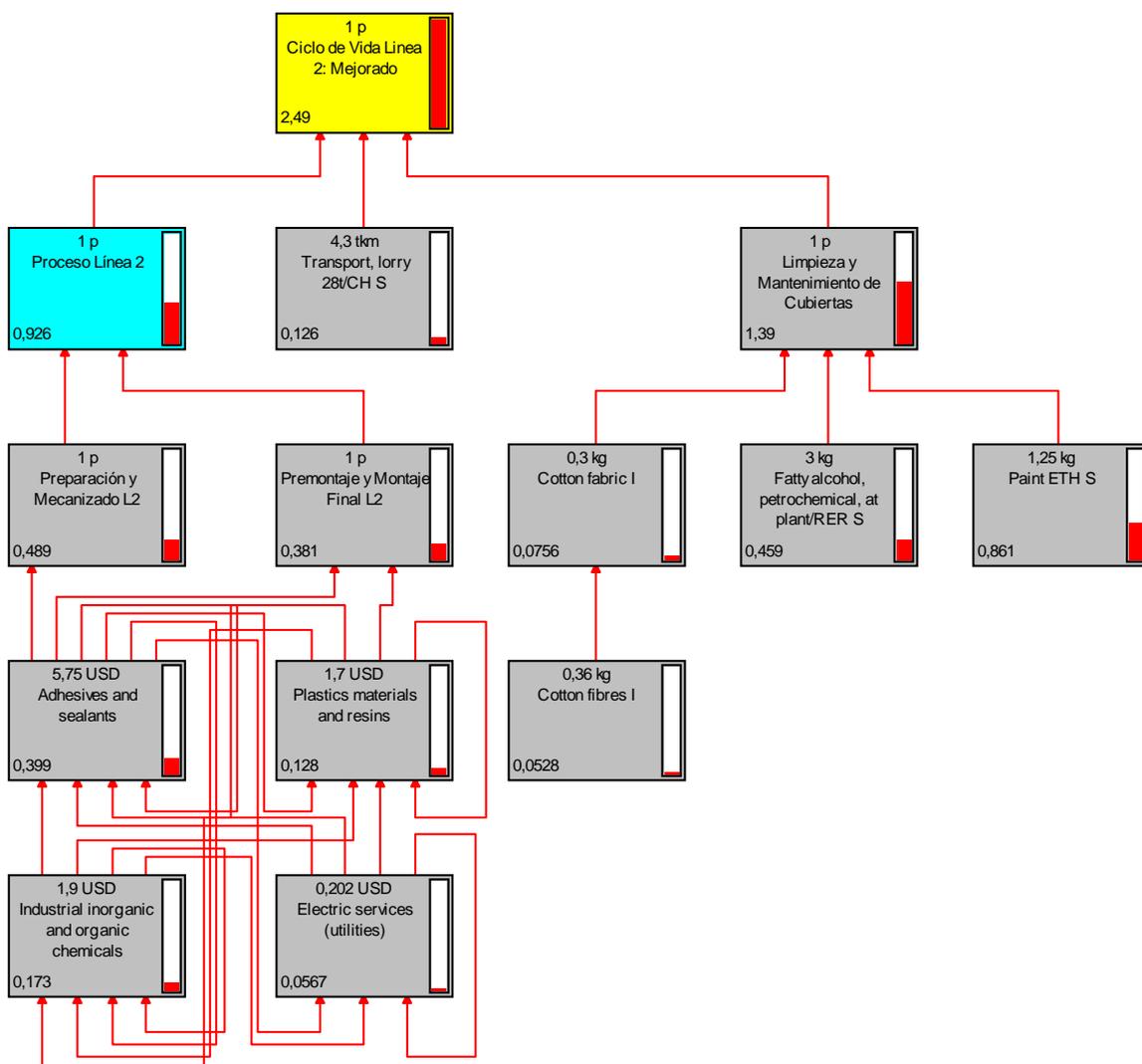
Figura 10. ACV_Proceso Eco-Indicador 99 I/A, Línea Ecológica. Fuente: Simapro



La figura 10 muestra la evaluación del impacto ambiental enfocado solo al proceso de producción. Observe que el proceso de *preparación y mecanizado* es el que supone mayor impacto (0.489) seguido de *premontaje y montaje final* (0.381) con respecto a los procesos que comprende la parte de fabricación en la empresa del ciclo de vida del mueble. Es importante mencionar que dichos procesos siguen utilizando en gran medida elementos inorgánicos (resistoles_adhesivos principalmente), barra en color verde, los cuales se deben de estudiar detalladamente para sustituirlos por elementos más respetuosos con el medio ambiente. Finalmente, cabe destacar que el *proceso de acabados_prensa de membrana* deja de ser el más contaminante dentro de este proceso de producción, cumpliendo su objetivo de mejorar ambientalmente el proceso y/o producto.

En la figura 11 se presenta el diagrama de red que muestra en conjunto los principales impactos generados en el ciclo de vida de la cubierta de la mesa en la línea 2 ecológica. Que dentro del *ciclo de vida mejorado* los mayores impactos ambientales son debidos principalmente a la etapa de *limpieza y mantenimiento de cubiertas* con un puntaje de 1.39, seguido por el propio *proceso de la línea 2* con un puntaje de 0.928. *Observándose como la pintura, las fibras de algodón, los petroquímicos y el alcohol de limpieza* utilizado en el mantenimiento de la cubierta; son los que más impactan.

Figura 11. Diagrama de Red Eco-Indicator 99 I/A, Línea 2 Ecológica. Fuente: Simapro



La tabla 4 presenta los costes de los materiales que intervienen en la fabricación de la cubierta considerada en el caso de estudio. Destacando los procesos que comprende "acabados_prensa de membrana" en el área sombreada del cuadro. Siendo los ítems involucrados principalmente en la fase de rediseño y por tanto mejoró ambiental y económicamente el producto definido como *Comedor Prominence* (Figura 8).

Tabla 4. Costes por Proceso de la Línea 2 Ecológica. Fuente: Elaboración propia.

Proceso	Descripción	Unidad	Coste Unitario €	Cantidad	Total €
CORTE	AGL. Natural 12 mm 550 min	Hoja	4,1668	0,1050	0,4375
	MDF natural 12 mm 4 x 8 ch.	Hoja	8,0546	1,0769	8,6740
					9,1115
PULIDO I	Disco lona g-120 50 x caja	Pza.	0,2654	0,1250	0,0332
	Lija esmeril g-100	Pza.	0,5015	0,0420	0,0211
					0,0542
HERRAJES	Clavos "s" 3/4 (10000)	Caja	5,9846	0,0080	0,0479
	Escuadra metal 1 1/2 x 1 1/2 (500)	Pza.	0,0200	4,0000	0,0800
	Chillillo 6 x 1/2 negro	Pza.	0,0030	8,0000	0,0239
	POLIPAK 1/8 105mts largo 2.0ancho	ROLLO	24,0385	0,0200	0,4808
	Adhesivo 8500 20kg	Kg.	1,0400	0,1000	0,1040
					0,7365
APLICACIÓN DE PEGAMENTO	Pegamento simapur		Lt.	7,0000	0,2750
	Talco 600 grs.		Kg.	2,8431	0,0200
	Cinta masking tape		Rollo	0,3115	0,0075
					1,9842
PRENSADO	Cubierta PVC maple	M ²	0,9854	2,4474	2,4116
					2,4116
EMPAQUE	Caja p/mesa CASSINI	Pza.	2,4031	1,0000	2,4031
	Cinta (canela) empaque	Pza.	0,6962	0,0200	0,0139
	Fleje polipro 3/8 rojo	Kg.	1,5923	0,0025	0,0040
					2,4210
ENGROSADO	Clavos "s" 3/4 (10000)	Caja	5,9846	0,0018	0,0108
	Adhesivo 8500 20kg	Kg.	1,0400	0,2500	0,2600
					0,2708
				TOTAL	16,9896

3.4. Consideraciones de Mejoras Medioambientales y Económicas.

3.4.1. Mejora Medioambiental.

La tabla 5 muestra las puntuaciones obtenidas en el proceso comparativo mediante el *Eco-Indicator 99*. La comparativa del ciclo de vida de la línea ecológica se abrevia COMPCVL2; el ciclo de vida de la línea tradicional, COMPCVL1; para el proceso de la línea ecológica, COMPROCL2 y para el proceso de la línea tradicional, COMPROCL1.

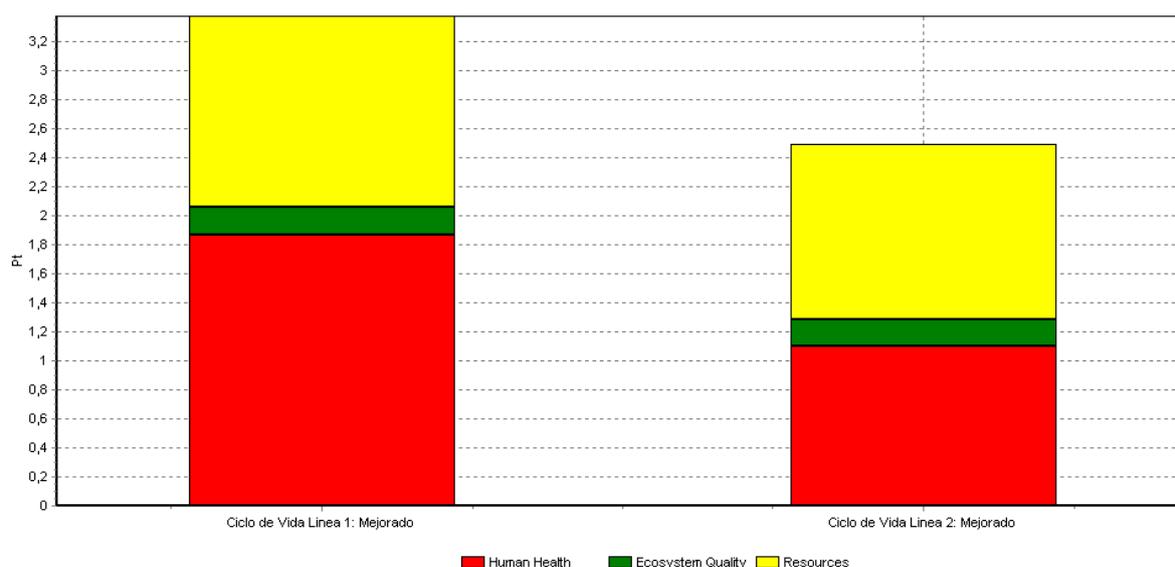
Tabla 5. Comparativa del ACV Eco-Indicador 99. Fuente: Elaboración propia.

Eco indicador 99	COMPCVL1 Puntuación única	COMPCVL2 Puntuación única	COMPROCL1 Puntuación única	COMPROCL2 Puntuación única
I/A	3,37	2,49	1,81	0,93
Mejora	26,11%		48,62%	

Queda claramente demostrada la mejora ambiental obtenida tanto a lo largo del ciclo de vida de la cubierta en estudio como del propio proceso de producción, con un 26% y 49%, respectivamente.

A continuación se presenta la figura 12 obtenida del análisis comparativo en la valoración de impacto, según *Eco-indicador 99* para la evaluación del ciclo de vida entre la línea 1 tradicional y la línea 2 ecológica, permitiendo visualizar de forma contundente la disminución de los impactos sobre la *salud humana y la utilización de recursos*, principalmente, del ciclo de vida de la línea 2 mejorada; los otros indicadores en su puntuación única permanecen muy similares en referencia con el ciclo de vida de la línea 1. Todo indica lo significativo de la aplicación exitosa de las estrategias de Ecodiseño sobre el producto caso de estudio.

Figura 12. Comparativa EC99_ I/A ACV de Línea 1 Tradicional y Línea 2 Ecológica. Fuente: Simapro



Comparing 1 p life cycle 'Ciclo de Vida Línea 1: Mejorado' with 1 p life cycle 'Ciclo de Vida Línea 2: Mejorado'; Method: Eco-indicator 99 (I) V2.02 / Europe EI 99 I/A / single score

3.4.2. Mejora Económica.

En la tabla 6 se presentan los costos de materias primas, por pieza por proceso, antes de haber sido modificado. En esta tabla se observa que las operaciones de Sellado, Pulido II, Pintura, Efectos, Detallado II y Laca; representan un *costo total de 5.94 €*. En comparación con los costes mostrados en el tabla 2, obtenidos después de haber implantado la mejora, las operaciones antes mencionadas han sido sustituidas por la Aplicación de Pegamento y Prensado, representando *un costo total 4.40 €*. De igual manera, el proceso fue simplificado, habiendo una consecuente reducción de operaciones, lo que seguramente redundó en una disminución de tiempos de producción y, por ende, en los costes de mano de obra. Obteniéndose así, una mejora económica tanto a nivel línea como a nivel proceso de 8% y 26%, respectivamente.

Tabla 6. Mejora Económica comparativa entre la Línea 1 y 2, así como entre acabados superficiales. Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Línea 1 Tradicional	Línea 2 Ecológica	Acabados L1	Acabados L2
Cubierta de mesa	18,5313 €	16,9899 €	5,94 €	4,40 €
Mejora económica	8,34 %		25,93 %	

4. Conclusión y Recomendaciones.

El objetivo de la metodología desarrollada en el presente trabajo es, entre otros, disminuir el impacto del ciclo de vida del producto manteniendo, y mejorando, el resto de sus características (calidad, costo, propiedades físicas, etc.). En este caso de aplicación el nuevo producto cumple especificaciones de diseño y fabricación tan exigentes, o más, que el resto de productos. Si bien se ha hecho hincapié en disminuir el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida de la mesa, además ha mejorado su calidad (funcionalidad, aspecto estético, durabilidad, etc.) y, finalmente, se ha reducido significativamente tanto su coste de fabricación como el impacto negativo al ecosistema, aumentando la calidad de vida de la sociedad y del mundo.

Una vez concluido el trabajo desarrollado en las instalaciones de la Empresa La Cibeles, ubicada en Ocotlán, Jalisco, México, se puede asegurar que se ha logrado un ecoproducto-ecoproceso que combina en forma positiva los tres grandes agentes que marca la **Ecoeficiencia**;

- El beneficio económico:** con una mejora del 8,34% global y un 25,93% en el proceso de acabados,
- La reducción del impacto medioambiental:** con una mejora de 26,11% global y un 48,62% en el proceso, y
- El servicio para la calidad de vida:** en la figura 12 se puede observar como mejoró la *salud humana* y como se redujo la *utilización de recursos*, llevando a una mejora significativa de *calidad en el ecosistema*.

En cuanto a materias primas se refiere, al eliminar el uso de pinturas, barnices o colas, y sustituirlo con la aplicación de una cubierta de PVC, no solo se eliminó una carga ambiental importante, sino que el producto presenta características similares a un costo inferior.

Además siendo un terminado que prácticamente elimina el mantenimiento por el uso y deterioro de la cubierta, reduciendo aún más los costes que esto conlleva.

Finalmente se recomienda a la alta gerencia de la Empresa La Cibeles, el seguir implantando la metodología de Análisis de Ciclo de Vida para todas las líneas de productos que oferta, con lo cual permitirá aportar beneficios ambientales, de salud y seguridad a sus trabajadores, así como el beneficio económico a todos miembros de la organización.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Empresa Fábrica de Muebles la Cibeles S.A de C.V. de Ocotlán Jalisco (Méx), y a su propietario Sr. Gustavo Flores, por permitir el desarrollo del presente trabajo, para bien de la industria y de los niveles de pragmatismo que requiere la academia, lo cual repercute en una mejor educación y compromiso por el avance tecnológico del país.

6. Referencias bibliográficas

- AENOR. UNE-EN ISO 14040. 2006. *Gestión Medioambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y Marco de Referencia*. Madrid. 8, 10 y 16 p.
- BREZET, H., and VAN HEMEL, C. 1997. *Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption*. UNEP IE, París, Francia.
- CAPUZ, S., Y GÓMEZ, T. 2002. *Ecodiseño. Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. Universidad Politécnica de Valencia. España. 345 p.
- FIKSEL, J. 1997. *Ingeniería de Diseño Medioambiental DfE, Desarrollo Integral de Productos y Procesos Ecoeficientes*. McGraw-Hill. Madrid, España. 423 p.
- GÓMEZ, T. 2004. *Propuesta metodológica para la mejora de la ecoeficiencia de los productos industriales a lo largo de su ciclo de vida. Aplicación a las PyME de la comunidad valenciana*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- GUZMÁN, L. 2005. *Propuesta Metodológica para la Integración del Factor Ambiental en el Diseño de Productos y de Procesos, a través del Sistema de Gestión, en la Industria del Mueble. Caso de estudio: Sector del Mueble del Estado de Jalisco (México)*. Tesis Doctoral de la Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- KEOLEIAN, G., A. and D. MENEREY. 1993. *Life Cycle Design Guidance Manual*. US EPA Cincinnati. U.S.A. 234 p.
- PRÉ CONSULTANTS B.V. 1999. *User Manual, Simapro*. Pré consultans B.V. Amersfoort, Netherlands. 214 p.
- SIMAPRO. 2009. Software Análisis de Ciclo de Vida. En: <http://www.pre.nl/simapro/default.htm> [Consultado: 22/06/ 2009].

Correspondencia (Para más información contacte con):

Dr. Lucio Guzmán Mares

Phone: + 52 392 925 05 45

Fax: + 52 392 925 05 45

Móvil : + 52 392 101 81 98

E-mail : luciog34@hotmail.com