

Costos ocultos en la industria del plástico

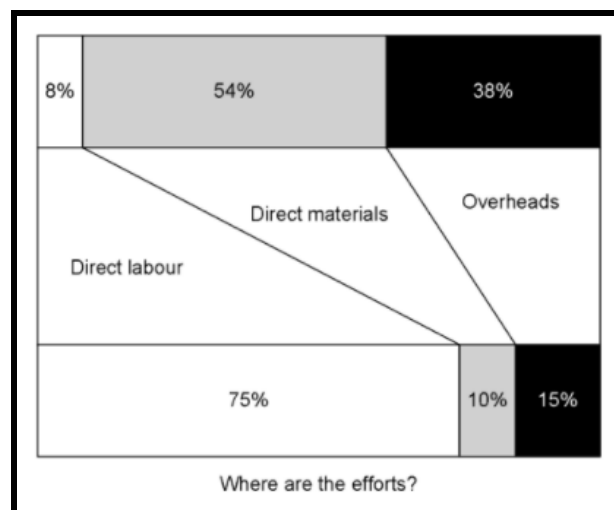
Por Ramiro Artigas

Julio de 2021

En todo proceso productivo existen ineficiencias que directa o indirectamente pueden aumentar los costos en las empresas. En muchos casos estos costos pasan desapercibidos en el marco del trabajo diario. Este artículo busca explicitar costos que pueden jugar un rol importante en la rentabilidad de las empresas, pero, sin embargo, suelen ser pasados por alto.

En la industria del plástico los costos del producto se pueden dividir en tres categorías: mano de obra, materias primas y otros costos que no están directamente atribuidos a crear un producto o servicio (*overheads*).

Figura 1. Fuentes de costos en la industria del plástico



Fuente: Kent, 2018.

Como se puede ver en la Figura 1, la mano de obra representa solo un 8% del costo del producto, pero es donde se enfoca la mayoría de los esfuerzos (75%) para la reducción de costos. Las materias primas representan la mayor proporción de los costos, un 54%, pero es donde se realiza la menor cantidad de esfuerzos de reducción (10%). El restante 38% de los costos corresponde a otros costos, entre los cuales se encuentra el costo energético. A partir de la distribución de costos se

puede ver que existe una gran oportunidad de reducir los costos trabajando en los costos de las materias primas y en otros costos, como el costo energético.

En los siguientes apartados hablaremos sobre los costos asociados a la materia prima, la energía y la gestión de personal y de equipos. Además, se indicarán algunos aspectos para tener en cuenta en la reducción de costos.

1. Materia prima en la industria del plástico

La materia prima es el costo más importante en los productos plásticos. Debido a esto, tiene gran potencial para la disminución de costos. El precio se rige por el mercado internacional y, por lo tanto, existe menor capacidad de ahorro en este aspecto. Para poder reducir los costos es necesario disminuir el consumo de materias primas mediante la reducción de productos defectuosos, reducción del *scrap*, reducción del inventario de materias primas, entre otros. Es importante destacar que, aunque la materia prima vuelva a ser utilizada se están generando desperdicios. El reproceso del *scrap* o un producto defectuoso implica mayores traslados, aumento del consumo eléctrico, inversiones en equipamiento, etcétera, todos los cuales aumentan los costos.

1.1 Control de calidad

Los productos defectuosos se pueden disminuir haciendo un correcto control de calidad. Según la norma ISO 9001, “La calidad es el grado en el que un conjunto de características inherentes a un objeto (producto, servicio, proceso, persona, organización, sistema o recurso) cumple con los requisitos”. Es importante tener en cuenta que los requisitos son definidos por el cliente y pueden variar entre personas y compañías y con el tiempo. Para poder asegurar la calidad del producto se deben establecer métodos para evaluarla. En general, estos métodos se implementan mediante esquemas de control de medidas, muestreos y testeos, que permiten evaluar las propiedades específicas del producto o servicio de forma de asegurar que se cumplan con los requisitos definidos. Establecer procedimientos implica un costo adicional en las empresas, pero gracias al control generado disminuyen las fallas en los productos y los costos asociados, por lo que la inversión en control de calidad es de interés debido al ahorro generado.

Los requisitos del cliente deben estar claramente definidos para que la empresa pueda producir un producto de calidad. Para esto se hace la especificación del diseño del producto, en la cual se elabora un listado de todas las características que el producto debe cumplir, los requisitos estéticos, funcionales, de procesabilidad, etcétera. En muchos casos, la especificación se puede realizar en conjunto con el cliente para asegurar que se cumplan todos los requisitos.



También se recomienda estudiar las causas de fallas en los productos, de forma de determinar acciones de mejora. En productos plásticos, en general, las causas de fallas se vinculan con los siguientes factores:

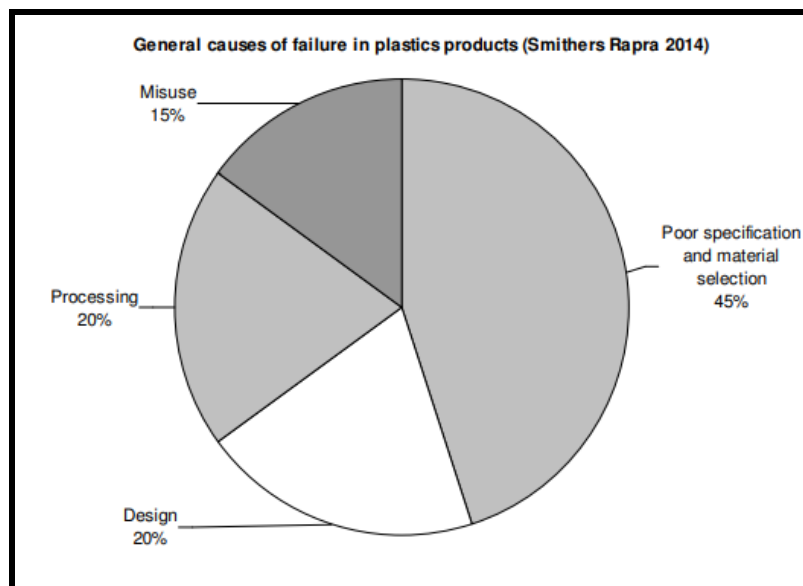
- 45% selección incorrecta del material
- 20% errores en el diseño del producto
- 20% errores en el procesado del producto
- 15% uso incorrecto del producto por parte del cliente

A partir de Figura 4 se puede comprender la importancia de la selección correcta del material, así como también del diseño y el procesado del material, aspectos que están íntimamente relacionados.

Es más difícil disminuir las fallas que se deben al uso incorrecto del producto, dado que la empresa no tiene control sobre este punto. Una posible reducción se puede lograr a partir de campañas de difusión y fichas de producto que especifiquen el uso correcto.

Para la selección correcta del material, por su parte, se recomienda generar equipos de selección de materias primas, en los cuales deberían participar diversas secciones de la empresa (calidad, producción, diseño, entre otras), para tener una visión global del producto. Como insumo para estos equipos existen diversas bases de datos de materias primas, con sus correspondientes fichas técnicas, como ser: CAMPUS, Prosector, MatWeb, Granta, etcétera.

Figura 4: Causas de fallas en productos plásticos



Fuente: Kent (2016).

Por último, para una correcta gestión de calidad es esencial monitorear los avances mediante diversos indicadores, para poder saber si la implementación es exitosa.



Además, a partir de indicadores de rendimiento se puede comparar la percepción del cliente con la visión de la empresa, lo que permite encontrar aspectos a mejorar para cumplir con los requisitos, así como también evaluar si existen aspectos en donde la empresa se evalúe mejor que el cliente. En estos casos, puede existir un esfuerzo innecesario por parte de la empresa para mantener una calidad superior a la requerida. Esto genera desperdicios, como controles excesivos, mayor cantidad de productos fuera de especificación, mayor cantidad de reprocesos, entre otros.

1.2 Gestión de scrap

Se le llama *scrap* a los desechos generados en los procesos de transformación de plásticos. Todos los procesos de transformación generan *scrap* en mayor o menor medida, debido a puestas en marcha, purgas, cambios de color, recortes, etcétera. Para disminuir la cantidad de *scrap* generado se requiere controlar los procesos. En este sentido, los parámetros de control dependen de cada proceso de transformación.

En extrusión soplado, el parámetro de mayor influencia en la generación de *scrap* es la temperatura de masa fundida (Kamaruddin y Mehat, 2016). En el estudio realizado por Kamaruddin y Mehat, los parámetros analizados fueron: espesor de parición, temperatura del agua de enfriamiento, velocidad de extrusión y temperatura de masa fundida. Se encontró que la variación en la temperatura de masa fundida tenía un 92% de influencia en la generación de *scrap*, mientras que los otros parámetros tenían una influencia menor a un 1%. Por lo tanto, para esta forma de procesamiento es importante tener un control estricto sobre la temperatura de masa fundida.

En inyección, según Nguyen (2004), se encontró que, a mayor temperatura de masa fundida, mayor fue la generación de *scrap*. También se analizó la dependencia de la temperatura del molde y la edad del equipo. detectaron que, a mayor temperatura de molde, menor era la cantidad de *scrap*. Además, como es de esperarse, cuanto mayor es la edad del equipo, mayor es la generación de *scrap*. Esto demuestra la importancia de realizar un correcto mantenimiento de los equipos.

Para realizar un reproceso correcto del *scrap* se recomienda la incorporación de una cantidad determinada y constante en el producto. En general, se estima que un agregado de *scrap* menor al 25% en peso en conjunto con material virgen no altera las propiedades del producto. Aun así, es importante tener cuidado con la cantidad a agregar, ya que, dependiendo de las condiciones de almacenamiento y transporte, es posible que exista una contaminación que disminuya la calidad del producto. Esta no es la única variable que controlar en el reproceso, también es

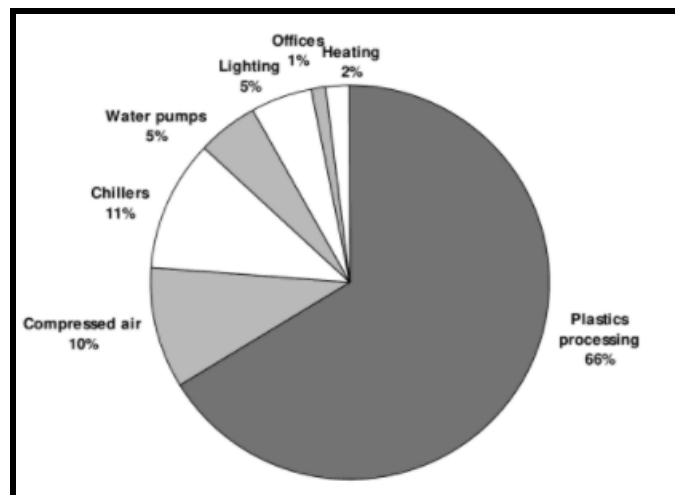


importante incorporar tamaños de partículas uniformes, ya que un exceso de finos puede implicar la aparición de manchas en el producto final.

2. Energía en la industria del plástico

La energía es utilizada ampliamente en las empresas del plástico independientemente del proceso de transformación utilizado, aunque no todos los procesos de transformación la usan de la misma forma o con la misma intensidad. En la figura 1, el costo energético se encuentra dentro de los otros costos (overheads), siendo una gran proporción de estos. Además, la energía es utilizada no solo para el proceso de transformación, sino que también en los servicios auxiliares, el manejo de los materiales, entre otros. En la Figura 2 se observa la distribución aproximada del costo de la energía para la transformación de plásticos.

Figura 2. Distribución aproximada de costos en la industria del plástico



Fuente: Kent, 2018.

Por más que muchas veces la energía es tomada como un costo fijo, en la industria plástica es un costo variable y controlable, y es importante controlar su uso debido a que la reducción del consumo energético puede mitigar riesgos, ya sea por aumentos en el costo de la energía, impuestos a la contaminación ambiental o escasez de suministro.

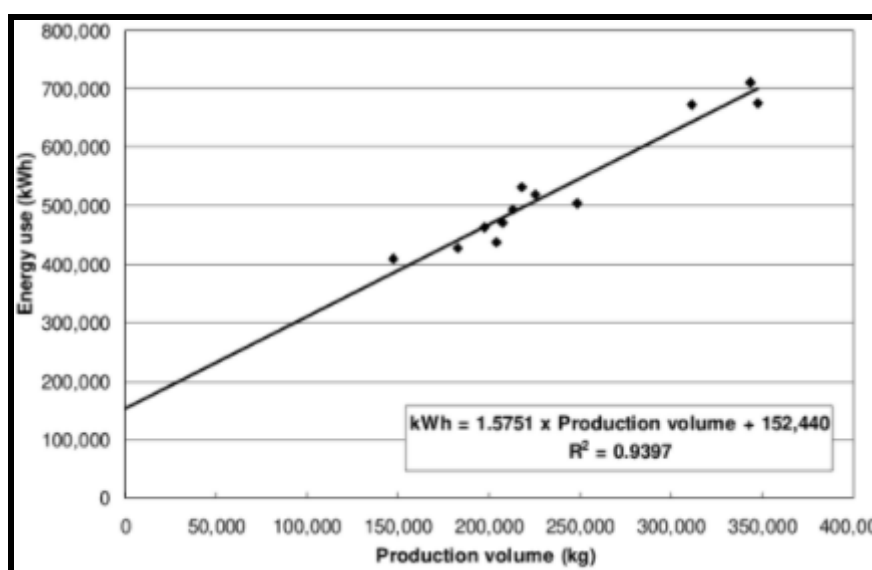
2.1 ¿Cómo controlar la energía?

Es necesario cuantificar el uso de la energía para luego poder minimizar y controlar el costo. Para cuantificar el consumo se utiliza una variable impulsora. En todo proceso se puede encontrar una o más variables que impulsan o condicionan el uso de la energía. Un ejemplo es la producción mensual de la empresa, ya que a mayor cantidad de producto producido mayor será la cantidad de energía

utilizada. En este caso el control es una actividad interna a la empresa que impulsa el consumo energético. También, en otras industrias puede ocurrir que una condición externa impulse el consumo, un ejemplo de esto puede ser el clima.

Para cuantificar la energía se debe relacionar el consumo energético con la variable impulsora. En la industria del plástico se puede tomar los kilogramos de producto producidos como variable impulsora. Para esto se registra a lo largo del año el consumo mensual energético y los kilogramos de producto producidos en ese mes. Luego se realiza una regresión lineal con los datos mensuales, de forma de encontrar la relación entre las variables. En la Figura 3 se muestra un ejemplo.

Figura 3. Correlación entre el volumen de producción y la energía empleada



Fuente: Kent, 2018.

La ecuación de la recta que mejor se ajusta a los datos se llama línea característica de rendimiento (en inglés, *performance characteristic line* [PCL]). Esta ecuación permite extraer información valiosa para la empresa. En primer lugar, muestra el coeficiente de ajuste a la regresión lineal (R^2). Este coeficiente indica de manera estadística qué tan correcto es el ajuste de la regresión lineal a los puntos experimentales. Para el caso de la PCL, cuando R^2 está por debajo de 0,7 se considera que el consumo energético está descontrolado, es decir, que no hay una clara relación entre el consumo energético y la variable impulsora. Mientras que si R^2 es mayor a 0,7 se considera que el consumo energético está controlado.

De la línea característica se puede extraer más información. La ordenada en el origen es conocida como carga base, la cual es el consumo energético cuando no se realiza producción. Esto puede deberse a la puesta en marcha de los equipos, cuando, por ejemplo, los equipos se mantienen prendidos sin producción. En general, en la industria del plástico la carga base representa entre el 20 y el 40% de la carga total. El objetivo siempre debe ser disminuir esta carga, debido a que este

consumo es un desperdicio (se consume energía sin producir). La pendiente de la gráfica representa la carga de proceso e indica cuánta energía se consume por variable impulsora, en este caso por kilogramo de producto producido. En otras palabras, expresa cuánta energía se consume para la producción. Además, puede utilizarse como una medida de la eficiencia energética: cuanto menor sea la pendiente, más eficientemente se estará utilizando la energía.

Tabla 1. Carga base y de proceso para distintos procesos de transformación de plástico

Proceso		Carga base (% de la carga total)	Carga de proceso (kWh/kg)
Inyección		20-30%	0,9-1,6
Extrusión de perfiles		20-30%	0,4-0,7
Extrusión soplado		25%	0,8-1,3
Rotomoldeo ¹	Electricidad	38%	0,3-0,6
	Combustible	12%	1,8-2,7

Fuente: Elaboración propia con base en Kent (2018).

2.2 Consumo de energía específico versus línea característica de rendimiento

Un indicador utilizado para medir el rendimiento eléctrico es el consumo de energía específico o SEC, por su sigla en inglés (*specific energy consumption*). Se calcula como el consumo eléctrico en un intervalo de tiempo sobre la producción en ese intervalo de tiempo.

$$SEC = \frac{\text{Consumo eléctrico en un tiempo } t \text{ kWh}}{\text{Producción en el tiempo } t \text{ kg}}$$

Se debe tener cuidado en el uso del indicador debido a que puede llevar a errores. En general, el volumen de producción varía mes a mes, por lo tanto, cuando aumenta el volumen de producción, disminuye el indicador. Lo que ocurre es que la carga base se diluye en un volumen de producción mayor. Si se mide solamente a partir de este indicador, es posible que parezca que hubo mejoras, ya sea en la disminución de la carga base o de la carga de proceso. En este caso la mejora puede ser aparente debido a que el cambio fue sobre el volumen productivo y no sobre la carga base ni la de proceso.

2.3 Recomendaciones para reducir el costo energético

En primer lugar, se debe desatacar la importancia de generar políticas de gestión energética orientadas a tener un control constante sobre el consumo, generar

¹ Cuenta con dos variables impulsoras, consumo eléctrico y consumo de combustible. Por lo tanto, tiene dos líneas características, una según cada variable



planes de mejora y medir los resultados. El primer ahorro surge de controlar el consumo energético. Luego se puede continuar con planes para disminuir la carga base. Esta carga se puede reducir, por ejemplo, estandarizando los procesos de parada de planta de forma de asegurar que todos los servicios no esenciales queden correctamente apagados. También es importante medir la distribución del consumo energético en el día, de forma de equilibrar los consumos y realizar los procesos de mayor intensidad eléctrica en horarios con menor tarifa eléctrica. En el estudio de distribución de consumo horario es frecuente encontrar picos de consumo en el horario de encendido de equipos. Esto se debe a que se prenden los equipos en conjunto, aunque no todos se utilicen inmediatamente, aumentando la carga base. Para evitar esto se recomienda realizar un encendido escalonado de los equipos de producción.

Según la forma de procesamiento de plástico, existen otras estrategias para la reducción de la carga base. Por ejemplo, en inyección, solo entre 5 y 10% de la energía es directamente aplicada al plástico, el resto es utilizado para operar el equipo. Por lo tanto, es ineficiente producir productos pequeños con equipos grandes. Por otro lado, si el equipo no va a ser utilizado por entre 20 y 45 minutos, se debe establecer un modo *standby* en el que se apaguen los motores, se reduzcan las temperaturas, se apaguen los servicios auxiliares, entre otros. En caso de que el equipo no vaya a ser utilizado por más tiempo que el señalado, se debe estudiar si resultase conveniente apagar el equipo por completo.

Una vez reducida la carga base al mínimo, se procede a disminuir la carga de proceso. En este caso la reducción es de mayor dificultad, ya que muchas veces se debe invertir en equipamiento con mejoras tecnológicas. También se puede invertir en aislaciones y sellos de forma de trabajar más eficientemente. En general, la inversión en aislaciones y sellos en general tienen un período de repago menor a un año.

3. Gestión del personal y de equipos

Por último, el personal corresponde a un 8% del costo del producto, sin embargo, es donde se enfoca la mayor proporción de esfuerzos para la reducción de costos. En algunos casos se busca la disminución de costos con recortes de personal. Esto no siempre es el camino correcto. Todo esfuerzo para reducir los costos debe estar enfocado en disminuir las pérdidas, que se definen como cualquier operación que agrega costo o tiempo, pero no agrega valor para el cliente.

Existen siete tipos de pérdidas importantes:

- La sobreproducción
- Los inventarios excesivos



- Los transportes
- Los productos defectuosos
- Los trabajos innecesarios
- Los movimientos innecesarios
- Los tiempos de espera

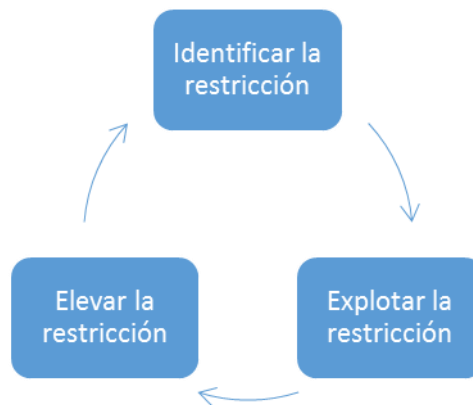
A partir de su identificación y de la necesidad de aumentar la competitividad de las empresas, han surgido múltiples modelos de gestión, como el de las 5S. En el *Manual de Buenas Prácticas de +CIRCULAR* (CTplas, 2019) es posible encontrar más información sobre las pérdidas, cómo identificarlas y la aplicación de las 5S.

No contar con los recursos disponibles cuando son necesarios genera pérdidas, como tiempos de espera más prolongados, inventario excesivo en proceso, entre otros. De aquí la importancia de contar con todos los recursos necesarios para la producción, ya sean equipos o personal. Para lograr esto se debe realizar una planificación de equipos y personal. Además, para los equipos, un mantenimiento periódico asegura mayor disponibilidad. El uso de equipos de protección personal y las buenas prácticas de producción disminuyen los riesgos en términos de la salud de los trabajadores y las lesiones.

La planificación de la producción busca asignar los recursos de la empresa de forma de maximizar las ganancias. Para producir es necesario entender la capacidad de producción de la empresa, así como también la incertidumbre asociada a la demanda y los errores de la producción. La teoría de restricciones surge como herramienta para resolver problemáticas asociadas a la planificación y distribución de recursos para la producción. Permite gestionar los recursos asegurando su disponibilidad. Se basa en que la incertidumbre existe y no es posible eliminarla, sino que se debe gestionar. Así, se establece un ciclo de mejora continua, en donde se identifica la restricción, se la explota y se la eleva, repitiendo el ciclo al finalizar los pasos.



Principios de la teoría de restricciones



Fuente: Elaboración propia. Simplificación a partir de la interpretación de la teoría de restricciones.

El primer paso es la identificación de la restricción. Una restricción es cualquier recurso al que se le demande mayor capacidad de la que posee. En las empresas se puede identificar cuando se acumula producto a procesar justo antes de este recurso. Una vez identificada la restricción, se la debe explotar, esto es, subordinar todas las tareas de forma de asegurar que la restricción trabaje de la forma más rápida posible. Como último paso, se debe elevar la restricción. Una vez que el recurso este trabajando al máximo de su capacidad, se debe aumentar su capacidad de producción, por ejemplo, a través de mejoras tecnológicas. Para cerrar el ciclo, se analiza el sistema de nuevo para identificar si la restricción se ha mantenido o cambiado, volviendo a comenzar con el ciclo de mejora continua. La forma de gestionar la incertidumbre es mediante amortiguaciones de tiempo, que permiten asegurar que la restricción se mantenga trabajando y se cumpla con la demanda del cliente a tiempo. El consumo de la amortiguación permite tomar decisiones y realizar una planificación acorde para cumplir con la demanda. Por lo tanto, hacer una planificación adecuada aumenta las ganancias de las empresas y asegura la disponibilidad de los recursos.

4. Conclusiones

Como se describió en los apartados anteriores, existen diversos costos asociados a los productos, los cuales en muchos casos son difíciles de detectar y minimizar. Si bien esto es un problema para las empresas, debe ser tomado como una oportunidad de mejora para aumentar la rentabilidad y la competitividad. Incluso pequeñas acciones permiten ahorros importantes sin la necesidad de hacer inversiones.



Bibliografía

- Centro Tecnológico del Plástico (CTplas) (2019). *Manual de Buenas Prácticas de +CIRCULAR*. CTplas. <https://ctplas.com.uy/wp-content/uploads/2020/04/Manual-Circular-edicio%CC%81n-2.pdf>
- Kamaruddin, S. y Mehat, N. Z. (2016). *The influence of plastic extrusion blow molding parameters on waste reduction*. Semantic Scholar.
- Kent, R. (2018). *Energy management in plastics processing*. Elsevier.
- Kent, R. (2016). *Quality management in plastics processing*. Elsevier.
- Nguyen, D. (2004). *Injection molding scrap reduction: a study in the relationships of plastics processing methods*. University of Wisconsin.
- Tangram Technology (2005). *Energy efficiency in plastics processing - Practical worksheets for industry*. Tangram Technology.
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (Uruguay), 2015. UNIT-ISO 900: *Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos*. Montevideo: UNIT.

