



Metodología para el diseño óptimo de contratos sistema producto-servicio

Methodology for the optimal design of product-service system contracts

Matías Siña¹, alumno de 6to año
Rodrigo Pascual¹, profesor titular

¹Departamento de Ingeniería de Minería, Escuela de Ingeniería,
Pontificia Universidad Católica de Chile

*Autor de correspondencia: rpascual@ing.puc.cl

Matías Siña¹, 6th year student
Rodrigo Pascual¹, full professor

¹Department of Mining Engineering, Engineering School,
Pontificia Universidad Católica de Chile

*Corresponding author: rpascual@ing.puc.cl

RESUMEN

Se presenta una metodología original para el diseño óptimo de contratos Sistema Producto-Servicio (SPS) basados en el uso del producto. La metodología se centra en la coordinación de la cadena y en la confiabilidad del producto. En un contrato SPS, en vez de pagar por el producto, el cliente paga al proveedor una tarifa por un servicio que contempla su uso. Por ello, un contrato SPS requiere que los intereses del cliente y del proveedor se encuentren alineados a modo de garantizar una mejora para ambos. Para esto se debe asegurar una cooperación mutua a través de una coordinación efectiva en la cadena. Este trabajo presenta una contribución a la literatura existente al entregar una herramienta cuantitativa para el desarrollo de contratos SPS que puede ser extendida a otros indicadores de desempeño como la disponibilidad y la confiabilidad. La coordinación de la cadena se logra al igualar el costo normalizado del cliente con el margen normalizado del proveedor. Se ilustra la metodología con el caso de estudio de los neumáticos utilizados por los camiones mineros. Los resultados muestran una mejora significativa en el margen de la cadena y una reducción en el impacto ambiental del negocio.

Palabras clave: sistema producto-servicio, gestión de activos físicos, confiabilidad de componentes, coordinación de sistemas.

ABSTRACT

An original methodology is presented for an optimal contract design of Product-Service System (PSS) based on the use of the product. The methodology is centered in the coordination of the business chain and the reliability of the product. In a PSS contract, instead of paying for the product, the client pays a rate to the supplier for a use service. For this reason, a PSS contract requires the client's and the supplier's interests are aligned to guarantee an improvement for both. For this to be accomplished, mutual cooperation through an effective coordination in the chain is due to assure. This work presents a contribution to existing literature when giving a quantitative tool for the PSS contract development that can be extended to other performance indicators like availability and reliability. The coordination of the chain is obtained when equaling the standard cost of the client with the standard margin of the supplier. The methodology for the case study about the tires used by mining trucks is illustrated. The results show a significant improvement in the margin of the chain and a reduction of the business environmental impact.

Key words: product-service system, physical assets management, components reliability, systems coordination.

1. INTRODUCCIÓN

Los usos de la sal por parte de los humanos se remonta a Un contrato del tipo Sistema Producto-Servicio (SPS) es un acuerdo entre un cliente y un proveedor en el cual existe una transición desde la estrategia de negocio tradicional orientada al producto a una orientada al servicio [1]. Esto significa que el cliente paga al proveedor por la actividad, utilidad o desempeño asociada al uso del producto y no por el producto propiamente tal. La importancia de los SPS es que crean valor para la cadena, son una mejor respuesta a las necesidades del cliente y aumentan la sustentabilidad del negocio [2]. Un contrato SPS puede basarse en el producto, en su uso o en su desempeño. En los primeros el cliente adquiere un producto de la forma tradicional pero se incorpora la venta de servicios adicionales como el de mantenimiento o capacitación. En los segundos el cliente paga por el uso o la disponibilidad del producto. Finalmente en los terceros el cliente paga por el desempeño o capacidad del producto. La decisión de cuál tipo de SPS escoger depende de las características específicas del negocio y el producto [3].

1. INTRODUCTION

A contract type of Product-Service System is an agreement between a client and a supplier in which there is a transition from the strategy of traditional business oriented to the product to one oriented to service [1]. This means that the client pays to the supplier for the activity, utility or performance associated to the use of the product and not for the product as such. In such way they create value for the chain, they better meet the needs of the client and increase business viability [2]. A PSS contract can be based either on the product, or its use or its performance. In the first situation, the client acquires a product in the traditional way except for the sale of additional services like maintenance or training. In the second case, the client pays for the use or availability of the product. Finally, in the third case, the client pays for the performance or capacity of the product. The decision on which type of PSS to choose depends on the specific features of the business and the product itself [3].

El concepto de SPS es relativamente nuevo y fue desarrollado como una respuesta a la creciente competitividad que enfrentan las industrias y necesidades de los clientes en un mundo globalizado. Es además una manera en la que los proveedores pueden aumentar su competitividad y defenderse ante la volatilidad de los mercados [4]. Un contrato SPS puede alinear intereses dentro de la cadena y crear una mejora económica tanto para el cliente como para el proveedor. En el caso del cliente esto se debe a que un SPS satisface de mejor manera sus necesidades asociadas al uso del producto y le permite enfocarse en su negocio principal. Para el proveedor el SPS crea valor al otorgarle una ventaja competitiva difícil de imitar por la competencia y al permitirle aumentar sus ganancias mediante la venta de servicios adicionales al producto [2]. De forma adicional existe el consenso de que un contrato SPS puede generar beneficios para el medioambiente al incentivar un modelo de negocio más responsable [3].

Para desarrollar una relación SPS el cliente y el proveedor deben superar en conjunto varias dificultades. Dentro de las principales se encuentran; i) la necesidad de una confianza mutua entre el cliente y el proveedor, ii) la falta de interés por parte del cliente de ceder la propiedad del producto y iii) la preocupación del proveedor ante una nueva política de precios [5]. Es por esto que es necesario que el cliente y el proveedor realicen una transición en su estructura organizacional para poder efectivamente superar las dificultades mencionadas. Esta transición es compleja y requiere de una relación de cooperación mutua por parte del cliente y el proveedor para ser realizada de forma efectiva [6]. En este contexto la coordinación de la cadena es una solución atractiva para lograr alinear los intereses del cliente con los del proveedor.

Debido a la actual necesidad por desarrollar herramientas más rigurosas para el diseño de contratos SPS, se propone una metodología estructurada basada en la confiabilidad del producto y en la compartición del riesgo de su falla anticipada entre el cliente y el proveedor. Esta metodología puede ser implementada fácilmente en distintos escenarios operativos, lo que conlleva a soluciones óptimas según los requerimientos particulares del cliente. El contrato SPS desarrollado corresponde a la categoría basada en el uso, al consistir en el pago de una tarifa en función del tiempo que el producto es utilizado. En este tipo de contratos, el proveedor mantiene la propiedad del producto y es el responsable por su desempeño, mientras que el cliente tiene acceso ilimitado e individual a este [3]. El uso de la coordinación dentro de la cadena en el trabajo responde a la necesidad de superar las barreras que existen para desarrollar un SPS. Esto se logra al igualar el costo del cliente con el margen del proveedor, ambos normalizados. El uso de la confiabilidad del producto en el diseño del contrato permite extender la metodología a otras categorías de contratos SPS como a los basados en el desempeño del producto.

PSS concept is rather new and was developed as a response to the increasing competitiveness industries are facing and the clients' needs in a globalized world. Furthermore, it is way for suppliers to increase their competitiveness and protect themselves against markets volatility [4]. A PSS contract can align interests within the chain and also create an economic improvement for the client and the supplier. In the case of the client this is because PSS best meets the needs associated to the use of the product. This allows the client to focus on the main parts of the business. For the supplier, the PSS creates value when granting a competitive advantage that is difficult to imitate by competition and when increasing its profits by means of additional services to the product [2]. In addition, there is consensus on the fact that a PSS contract can generate benefits to the environment when stimulating a more responsible business model [3].

In order to develop a PSS relationship with the client and the supplier they must overcome several difficulties altogether. Within the main ones are; i) the necessity of mutual trust between the client and the supplier, ii) the lack of interest on the part of the client to transfer product property and iii) the supplier concern before a new price policy [5]. Therefore, it is necessary that the client and the supplier realize a transition in their organizational structure to be really able to overcome the mentioned difficulties. This transition is complex and requires a relationship of mutual cooperation on the part of both the client and the supplier [6]. In this context, the coordination of the chain is an attractive solution to align the interests of the client with those of the supplier.

Due to the current necessity to develop more rigorous tools for PSS contracts design, a structured methodology is set out and based on product reliability and the risk sharing of anticipated fault between the client and the supplier. This methodology can be easily implemented in different operative scenes, which entails optimal solutions according to the client's particular requirements. Developed PSS contract corresponds to a category based on use, when consisting of the payment of a rate according to the time the product is used. In this type of contracts, the supplier maintains the product property and is the person in charge of its performance, whereas the client has limitless and individual access to it [3]. Coordination within the work chain responds to the need to overcome the existing barriers for developing a PSS. This is attained when equaling the cost of the client with the margin of the supplier, both standardized. The use of product reliability in the design of the contract allows to extend the methodology to other PSS contract categories as those based on product performance.

2. FORMULACIÓN DEL MODELO

Se desarrolló la metodología para el diseño de un contrato SPS para el caso de un producto no reparable. Este tipo de producto es aquel que recibe reparaciones mínimas y cuya vida esperada se encuentra fuertemente relacionada al perfil operativo al cual el cliente lo expone. El contrato se basa en el tiempo que el producto es efectivamente utilizado, en la compartición del riesgo de que este falle de forma anticipada y en la coordinación de la cadena. Por lo tanto, el objetivo es el diseño de un contrato que mejore de igual forma tanto la situación base del cliente, como la del proveedor.

El modelo asume que la confiabilidad del producto depende de un costo de mantenimiento indirecto (c_m) relacionado con las condiciones operativas en las cuales será utilizado. Este costo es pagado de forma exclusiva por el cliente.

2.1 Caso base:

El caso base es importante en el desarrollo del modelo puesto que entrega el punto de comparación para los resultados obtenidos con el contrato SPS. Se consideró como caso base el escenario en que el cliente compra el producto no reparable al proveedor a un precio de lista C_0 previamente acordado entre ambos. La vida esperada del producto bajo este escenario son t_e unidades de tiempo, mientras que el costo para el proveedor de fabricar una unidad es C_F . El costo esperado del cliente (c_b) y el margen esperado del proveedor (π_b) por unidades de tiempo en consecuencia es:

$$C_b = \frac{C_0}{t_e} \quad [1]$$

$$\pi_b = \frac{C_0 - C_F}{t_e} \quad [2]$$

El contrato SPS debe lograr que el costo del cliente y del proveedor por unidad de tiempo sean mejores a los obtenidos en el caso base.

2.2 Contrato SPS:

El contrato SPS a desarrollar se basa en el supuesto de que la confiabilidad del producto, en función de su edad operativa acumulada, puede ser modelada mediante una distribución Weibull de dos parámetros.

2. FORMULATION OF THE MODEL

The methodology for the design of a PSS contract for the case of a non-repairable product was developed. This product type is that one undergoing minimum repairs and whose lifespan is strongly related to the operative profile the client exposes it to. The contract is based on the time that the product is effectively used, on the sharing of the risk for it to fail in advance and on the coordination of the chain. Therefore, the aim is the design of a contract that improves likewise, both the basis client's situation and the supplier's.

The model assumes that the product reliability depends on an indirect maintenance cost (c_m) related to the operative conditions under which it will be used. This cost is exclusively paid by the client.

2.1 Basis Case:

The basis case is important for the development of the model since it states the point of comparison for the results obtained with the PSS contract. The following situation was considered, where the client buys the non-repairable product to the supplier at a list price previously decided between both. The expected lifespan of the product under this scene is t_e time units, while the cost for the supplier of manufacturing a unit is C_F . Consequently, the expected client cost (c_b) and the supplier margin (π_b) per time units is:

PSS Contract must achieve that the client's and the supplier's cost by time unit is better than the obtained in the basis case.

2.2 PSS Contract:

Contract PSS to be developed is based on the premise that the product reliability, according to its accumulated operative age, can be modeled by means of a Weibull distribution with two parameters.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta c}\right)^{\beta c}} \quad [3]$$

La mejora que el contrato SPS otorga al cliente (γ_c) y al proveedor (γ_p) con respecto al caso base es calculada de la siguiente manera:

The improvement given to the client (γ_c) and the supplier (γ_p) by the PSS contract with respect to the basis case is calculated as follows:

$$\gamma_c = \frac{C_b - \bar{C}_{SPS}}{C_b} \quad [4]$$

$$\gamma_p = \frac{\pi_{SPS} - \pi_b}{\pi_b} \quad [5]$$

El cliente y el proveedor buscan desarrollar un contrato basado en el uso que el primero otorga al producto. Las características que el contrato debe cumplir se detallan a continuación:

1. El cliente debe pagar una tarifa por el uso del producto base de $\frac{C_0}{t_e}$
2. Si el producto falla antes de las t_e unidades de tiempo el cliente debe pagar un costo de **prorratio** de $C_0 \left(1 - \frac{t}{t_e}\right)$
3. Se debe establecer en conjunto un descuento sobre la tarifa base de α si el producto supera las t_e unidades de tiempo operativo
4. Se debe acordar en conjunto el costo de mantenimiento indirecto adicional c_m que el cliente pagará durante el contrato

El objetivo es encontrar el descuento sobre la tarifa base y el costo de mantenimiento indirecto a modo de mejorar de igual manera el costo del cliente y el margen del proveedor por unidades de tiempo. El contrato óptimo debe ser al menos igual que los resultados obtenidos en el caso base.

Se escogió la tarifa base a pagar como un punto de partida intuitivo al ser el costo por unidad de tiempo en el escenario base. Esta tarifa permite que el cliente y el proveedor negocien desde un punto de partida libre de riesgo para ambos. También facilita el acuerdo del contrato al reducir el número de variables involucradas en la negociación. Para obtener la configuración óptima del

The client and the supplier search for developing a contract based on the use granted by the client to the product. The characteristics the contract must fulfill are detailed next:

1. The client must pay a rate by the use of the basis product $\frac{C_0}{t_e}$
2. If the product fails before t_e the time units, the client must pay a **pro rata** cost of $C_0 \left(1 - \frac{t}{t_e}\right)$
3. A discount must be jointly established on the basis rate α , should the product surpasses t_e the units of operative time
4. The additional indirect maintenance cost c_m the client will pay during the contract validity is to be jointly decided.

The aim is to find the discount on the basis rate and the indirect maintenance cost, so as to improve equally the cost of the client and the margin of the supplier by time units. The optimal contract must at least be just like the results obtained in the basis case.

The basis rate to be paid was chosen as an intuitive starting point for the cost by time unit is in the basis scene. This rate allows the client and the supplier to negotiate from a free risky starting point for both. It also facilitates the agreement in the contract by reducing the number of variables involved in the negotiation. In order to obtain the optimal contract configuration, the first step consists on

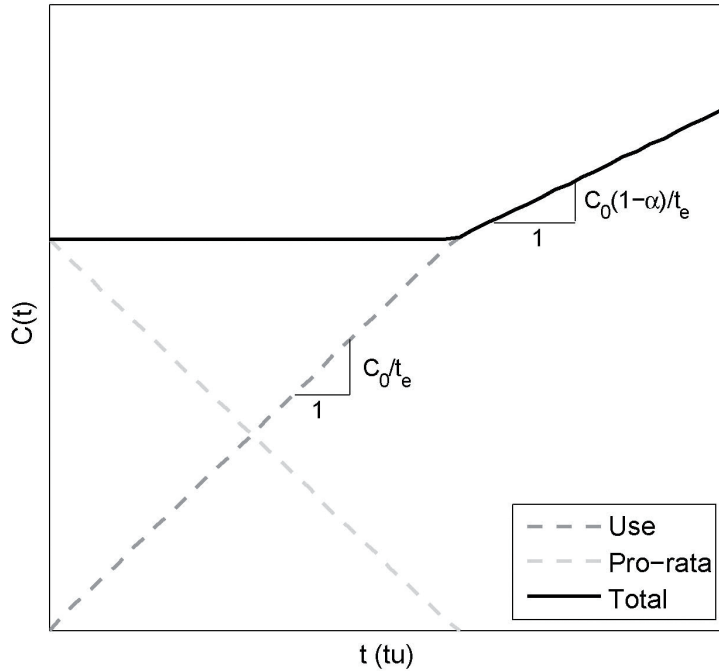


Figura 1. Estructura tarifaria en el contrato SPS.

Figure 1. Rate structure in PSS contract.

contrato, el primer paso consiste en definir la estructura de la tarifa a pagar en función del tiempo que el producto es utilizado por el cliente:

$$C(t) = \begin{cases} \frac{C_0}{t_e} t + C_0 \left(1 - \frac{t}{t_e}\right) & \text{si } t \leq t_e \\ \frac{C_0(1-\alpha)}{t_e} t & \text{si } t > t_e \end{cases} \quad [6]$$

La utilidad de ver gráficamente la estructura tarifaria propuesta (**Figura 1**) es que se observa que el costo por unidad de tiempo esperado que debe pagar el cliente al proveedor por producto tiene un valor constante de C_0 hasta el instante t_e . Esto facilita de forma significativa el cálculo del valor esperado del costo del cliente y el margen del proveedor, como se mostrará a continuación al incorporar la función de confiabilidad del producto:

defining the rate structure to be paid based on the time the product is used by the client:

$$C(t) = \begin{cases} \frac{C_0}{t_e} t + C_0 \left(1 - \frac{t}{t_e}\right) & \text{if } t \leq t_e \\ \frac{C_0(1-\alpha)}{t_e} t & \text{if } t > t_e \end{cases} \quad [6]$$

The fact of graphically see the rate structure (**Figure 1**) is useful for observing that the cost of the expected time unit to be paid to the supplier per product has a C_0 constant value up to the moment t_e . This significantly facilitates the calculation of the expected value of the client's cost and the supplier's margin, as it will be shown next by incorporating the product reliability function:

$$\bar{C} = \int_0^{\infty} C(t)f(t)dt$$

$$\bar{c} = C_0 \int_0^{t_e} f(t)dt + \frac{C_0(1-\alpha)}{t_e} \int_{t_e}^{\infty} tf(t)dt$$

El costo esperado del cliente y el margen esperado del proveedor se obtienen incorporando el costo de mantenimiento indirecto y el costo de fabricación del producto respectivamente:

The expected client's cost and the supplier's margin are obtained by incorporating the indirect maintenance cost and the product manufacture cost:

$$\bar{c} = C_0 \int_0^{t_e} f(t)dt + \frac{C_0(1-\alpha)}{t_e} \int_{t_e}^{\infty} tf(t)dt + c_m \int_0^{\infty} tf(t)dt$$

$$\bar{\pi}_p = C_0 \int_0^{t_e} f(t)dt + \frac{C_0(1-\alpha)}{t_e} \int_{t_e}^{\infty} tf(t)dt + C_f$$

Se obtienen soluciones cerradas para ambas ecuaciones al utilizar las siguientes fórmulas que relacionan la función de confiabilidad (R), la función de densidad para la probabilidad de falla (f), la función acumulada para la probabilidad de falla (F), la vida esperada (\bar{T}_F) y el tiempo medio de intervención (\bar{T}_I) a:

Closed solutions for both equations are obtained when using the following formulas that relate the reliability function (R), the density function for fault probability (f), the accumulated function for fault probability (F), the expected lifespan and \bar{T}_F the average time of intervention (\bar{T}_I):

$$F(t_e) = \int_0^{t_e} f(t)dt = 1 - R(t_e)$$

$$\bar{T}_F = \int_0^{\infty} R(t)dt$$

$$\bar{T}_I(t_e) = \int_0^{t_e} R(t)dt$$

$$\int_0^t tf(t)dt = \int_0^t R(t)dt - tR(t)$$

Con estas ecuaciones se obtiene el costo esperado para el cliente y el margen esperado para el proveedor con el contrato SPS por unidad de producto:

$$\bar{C}_c = \frac{C_0}{t_e} [(1-\alpha)\bar{T}_F + \alpha [\bar{T}_I(t_e) - t_e R(t_e)] + t_e - \bar{T}_I(t_e)] + c_m \bar{T}_F$$

$$\bar{\pi}_p = \bar{C}_c - c_m \bar{T}_F - C_f$$

Finalmente, al dividir ambas ecuaciones por la vida esperada del producto, se obtiene el costo esperado del cliente y el margen del proveedor en unidades monetarias por unidades de tiempo de uso efectivo:

$$\bar{c}_{SPS} = \frac{C_0}{t_e} \left[(1-\alpha) + \frac{\alpha}{\bar{T}_F} [\bar{T}_I(t_e) - t_e R(t_e)] + \frac{t_e - \bar{T}_I(t_e)}{\bar{T}_F} \right] + c_m$$

$$\bar{\pi}_{SPS} = \frac{\bar{c}_{SPS} - c_m \bar{T}_F - C_f}{\bar{T}_F}$$

Se aprecia que estas ecuaciones dependen del descuento sobre la tarifa base por el uso del producto y del costo de mantenimiento que pagará el cliente durante el contrato. Por lo tanto, es posible demostrar gráficamente que las superficies obtenidas utilizando las ecuaciones (4) y (5) se intersectan, junto con que existe una configuración óptima del contrato SPS en la que la mejora para el cliente y el proveedor es máxima e idéntica.

2.3 Caso de estudio:

Se seleccionó como caso de estudio para ilustrar la metodología desarrollada los neumáticos utilizados por los camiones en una operación minera a cielo abierto. Se escogieron debido a que son uno de los insumos consumibles que representan una mayor parte del costo operacional de una mina, además porque al ser de uso intensivo tienen un considerable impacto ambiental.

La vida esperada de los neumáticos se encuentra relacionada con la calidad de los caminos que transitan los camiones [7]. Esto permite modelar la confiabilidad de los

With these equations the expected cost for the client and the expected margin for the supplier with the PSS contract are obtained by product unit:

Finally, when dividing both equations by the expected lifespan of the product, the expected cost for the client and the margin for the supplier are obtained in monetary units by time units of effective use:

As observed, these equations depend on the discount on the basis rate for the use of the product and the maintenance cost the client will pay during the contract. Therefore, it is possible to graphically demonstrate that the obtained surfaces using the equations (4) and (5) intersect each other, along with the fact that there is an optimal configuration of the PSS contract in which the improvement for the client and the supplier is the peak and identical.

2.3 Case study:

A case study was selected to illustrate the methodology used for the tires of the trucks in an open pit mining operation. They were chosen because they are one of the consumable supplies representing a significant part of the operational cost of a mining company, and additionally they have a relevant environmental impact due to intensive use.

The expected lifespan of the tires is related to the conditions of the roads they are driven on [7]. This allows to shape tires reliability based on the maintenance cost paid by the



Figura 2. Tamaño referencial de los neumáticos utilizados en minería.

Figure 2. Referential size of the tires used in open pit mining trucks.

neumáticos en función del costo de mantenimiento que paga la mina por preservar los caminos libres de obstáculos y en buenas condiciones:

mining company to keep the roads free from obstacles and in good conditions:

$$\eta_c(c_m) = \eta_{10} \left(1 + k \left(1 - e^{-\left(\frac{c_m}{\eta_{10}}\right)^{\beta_{cm}}} \right) \right)$$

$$R(t, c_m) = e^{-\left(\frac{t}{\eta_c(c_m)}\right)^{\beta_c}}$$

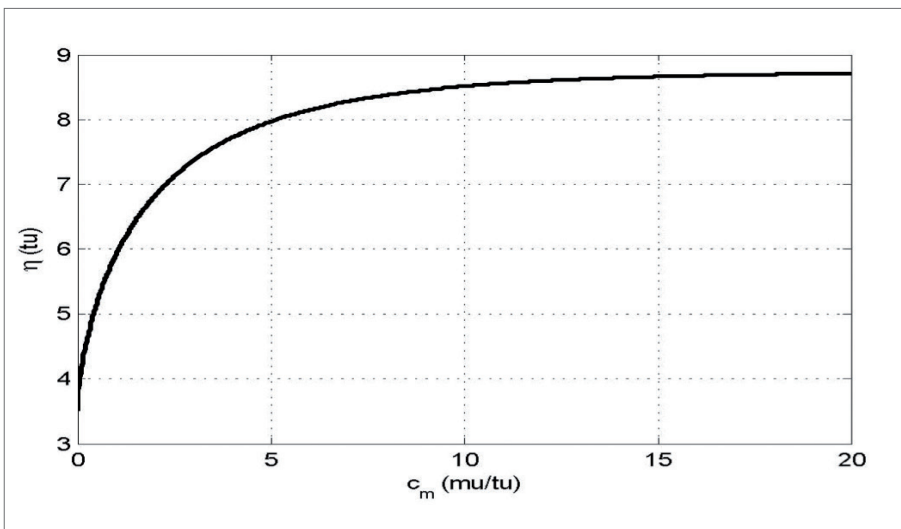


Figura 3. Vida característica en función de c_m .

Figure 3. Characteristic based on c_m .

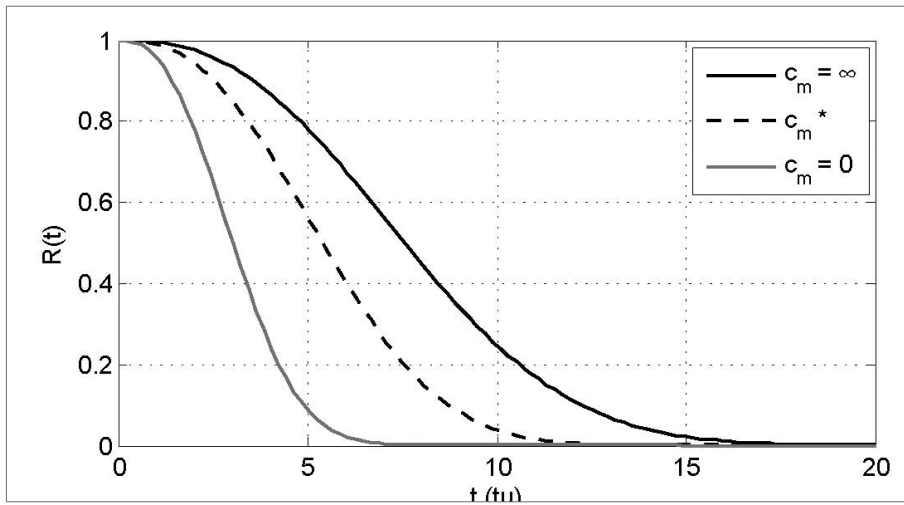


Figura 4. Confiabilidad de los neumáticos en función de c_m y el tiempo.

Figure 4. Reliability of the tires based on c_m and time.

Los valores que se utilizaron para comparar el contrato base con el SPS y para modelar la confiabilidad de los neumáticos se detallan a continuación:

The values used to compare the basis contract to the PSS and to shape tires reliability are detailed below:

Table 1. Value of the parameters used

Parameter	Value	Units
C_0	50	mu
C_F	35	mu
t_e	3	tu
η_{1_0}	3,5	tu
η_{c_m}	2	tu
β_c	2,5	-
β_{c_m}	0,7	-
κ	1,5	-

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se utilizaron las ecuaciones [4] y [5] junto a los parámetros de la **Tabla 1** a modo de obtener la mejora del cliente y del proveedor en función del descuento sobre la tarifa base y el costo de mantenimiento de los caminos:

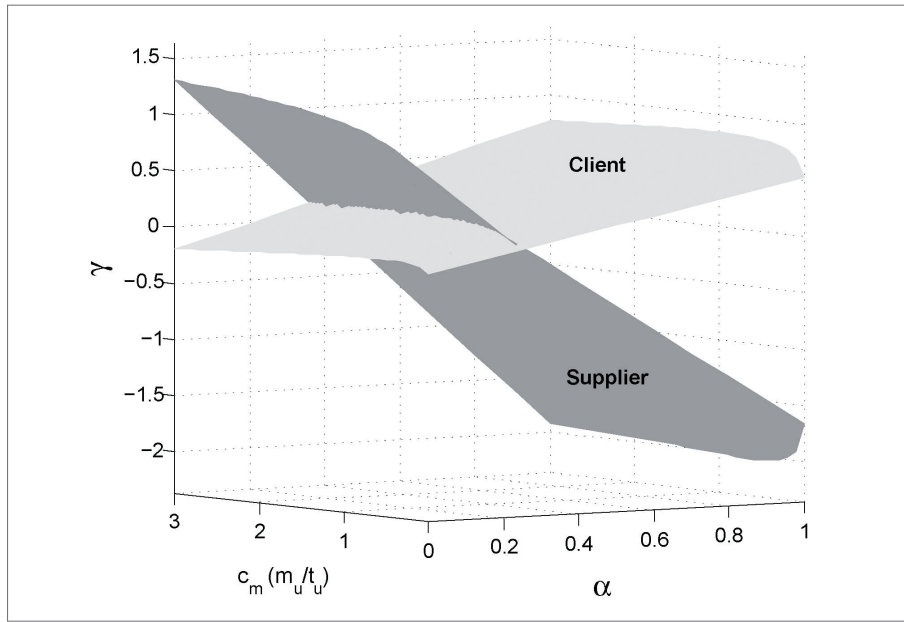


Figura 5. Mejora del cliente y del proveedor con contrato SPS.

Figure 5. Client and supplier Improvement with PSS contract.

Se aprecia que existen combinaciones entre el descuento sobre la tarifa base y el costo de mantenimiento de los caminos en los cuales el cliente y el proveedor experimentan una mejora idéntica. El análisis de la curva de intersección de ambas superficies se detalla a continuación:

There are some combinations between the discount over basis rate and maintenance cost of the roads, in which the client and the supplier experience an identical improvement. The analysis of the intersection curve of both surfaces is detailed next:

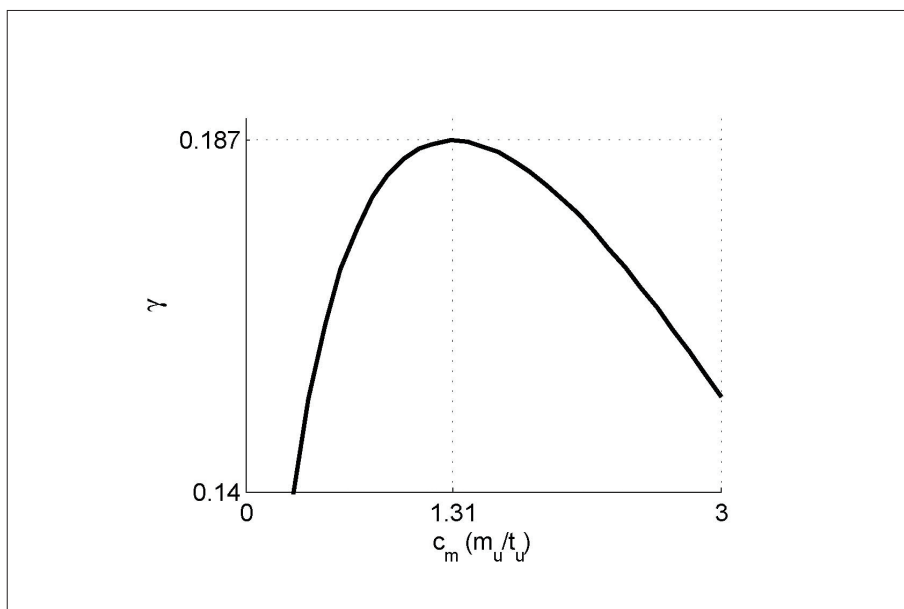


Figura 6. Curva de mejora idéntica con contrato SPS, vista eje c_m .

Figure 6. Identical improvement curve with PSS contract, view of axis c_m .

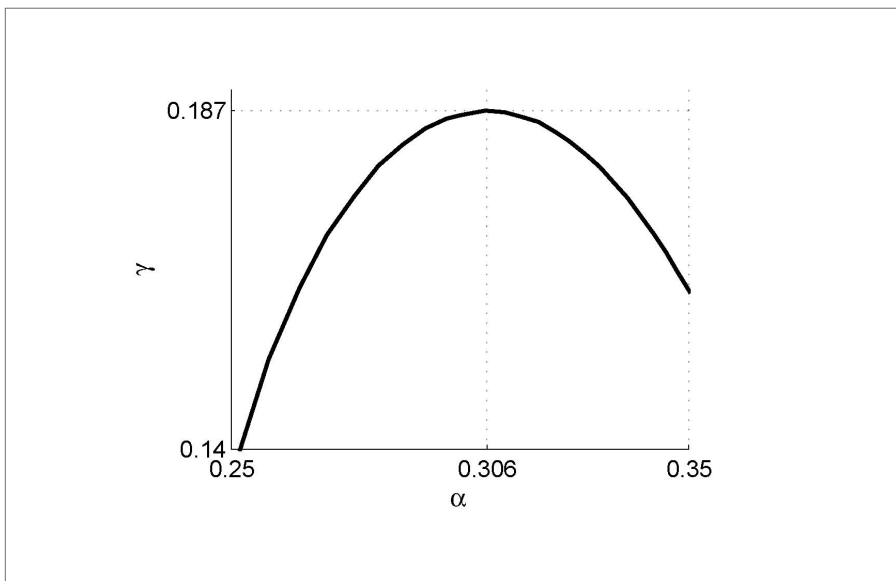


Figura 7. Curva de mejora idéntica con contrato SPS, vista eje α .

Figure 7. Identical improvement curve with PSS contract, view of axis α .

Los resultados demuestran que existe una configuración óptima del contrato SPS en la cual la mejora del cliente y del proveedor es idéntica y máxima. Es de importancia destacar que en esta configuración el costo de mantenimiento indirecto que paga el cliente es superior al caso base. De este modo, el aumento que conlleva el mayor cuidado de los caminos logra aumentar la vida esperada de los neumáticos en un 84%. Esto demuestra que efectivamente es posible con un contrato SPS mejorar económicamente la situación base del cliente y del proveedor y además reducir el impacto medioambiental del negocio de forma significativa.

4. CONCLUSIONES

El trabajo desarrollado propone una metodología estructurada para el diseño de un contrato SPS basado en la confiabilidad del producto y en la coordinación de la cadena. La confiabilidad del producto, al depender del perfil operacional que el cliente le otorga a este, es un potencial impedimento en el acuerdo de un contrato SPS basado en su uso. La forma en la cual se superó esto fue mediante la restricción de que la mejora del cliente y del proveedor sea idéntica en comparación al contrato base. De esta manera, ambas partes logran llegar a un acuerdo sobre el nivel de mantenimiento que el cliente pagará durante el contrato y el descuento sobre la tarifa por el uso del producto al cual podrá optar una vez que se supere la vida esperada del caso base.

La metodología propuesta puede ser utilizada de forma efectiva para desarrollar contratos SPS basados en el uso de un producto consumible sujeto a reparaciones de carácter mínimo. Debido a que el contrato se basa en la confiabilidad del producto y en que la mejora del contrato sea equitativa, puede ser extendida a otros tipos

The results demonstrate that an optimal PSS contract configuration in which the client improvement and the supplier improvement are identical and peak. It is relevant to emphasize that in this configuration, the indirect maintenance cost paid by the client is higher than the basis case. Thus, the increase entailing a greater maintenance of the roads comes to increase the expected lifespan of the tires in 84%. It proves that it is really possible to economically improve the basis situation of the client and the supplier by having a PSS contract and, additionally, it significantly reduces the business environmental impact.

4. CONCLUSIONS

The developed work proposes a structured methodology for the design of a PSS contract based on the product reliability and the coordination of the chain, when depending on the operational profile granted by the client, is a potential impediment in the agreement for a PSS contract based on its use. The way this situation was overcome was stating the restriction that the improvement of the client and the supplier be identical in comparison to the basis contract. This way, both parts manage to reach an agreement on the maintenance level the client will pay for during the contract and the discount over the rate by the product use which will be able to be chosen once the expected lifespan of the basis case is surpassed.

The proposed methodology can be used effectively to develop PSS contracts based on the use of a consumable product subject to minimum repairs. Because the contract is based on the reliability of the product and on the fact that the improvement of the contract is equitable, it can also be extended to other types of contracts and repairable products, too. This can be obtained through changes in

de contratos y también a productos reparables. La forma en la cual se puede lograr esto es a través de cambios en la estructura de la tarifa a pagar y en la incorporación de un intervalo óptimo entre el cual realizar mantenciones preventivas. De igual forma, se puede incorporar en el diseño del contrato que el mantenimiento sea imperfecto y que exista un horizonte finito de evaluación.

La contribución de este trabajo a la literatura sobre los SPS es entregar una herramienta cuantitativa para su diseño capaz de mostrar la magnitud de los beneficios de este tipo de contratos. A pesar de esto aún existe la necesidad de probar que este tipo de contratos efectivamente pueden reducir las incertidumbres del mercado a las cuales se enfrenta el cliente y el proveedor. Se puede lograr esto mediante el uso de las opciones reales al ser una metodología que logra cuantificar de forma efectiva el beneficio que entrega la flexibilidad. De esta manera, se pueden desarrollar contratos SPS que logren garantizar una mejora equitativa para la cadena ante distintos escenarios de negocios basados en la confiabilidad del producto, la coordinación de la cadena y la flexibilidad a responder de forma efectiva a cambios en los parámetros utilizados para su diseño.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Milton Roman y a Gabriel Santelices por su ayuda en la formulación de la metodología y la redacción del trabajo.

the rate structure and in the incorporation of an optimal interval for preventive maintenance. Equally, it is possible to include in the contract design that the maintenance be imperfect and that there be an evaluation finite horizon.

The contribution of this work on the PSS to literature is to provide a quantitative tool for its design that is able to show the magnitude of the benefits of this type of contract. In spite of this, it is still necessary to prove this type of contract can really reduce market uncertainties which the client and the supplier tackle with. This can be achieved by using the real options as it is a methodology to quantify the benefit provided by flexibility. In this way, PSS contracts are able to guarantee an equitable improvement for the chain when facing different business scenes based on the reliability of the product, the coordination of the chain and the flexibility to respond effectively to changes in the parameters used for its design.

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks to Milton Roman and Gabriel Santelices for their assistance in the formulation of the work methodology and writing process.

GLOSARIO

PRORRATEO: acción de dividir un pago en función de otro valor que por lo general se encuentra en unidades de tiempo.

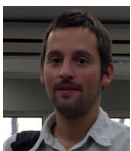
GLOSSARY

PRO RATA: action to divide a payment based on another value that generally is in time units.

REFERENCES

1. VASANTHA, G.V.A.; [et al]. "A review of product-service systems design methodologies", Journal of Engineering Design.2011, Vol. 23, N°. 9, P. 635-659.
- 2.BAINES, T.:[et al]. "State-of-the-art in product-service systems". Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture. 2007, Vol.. 221, N°. 10, P. 1543-1552.
3. TUKKER, A. "Eight types of product-service system: Eight ways to sustainability? Experiences from SusProNet". Business Strategy and the Environment. 2004, Vol. 13, N°. 4, P. 246-260.
4. MARQUES, P; [et al.]. "A methodology for product-service systems development". Procedia CIRP. 2007, vol. 7, N°. 1, P. 371-376.
5. COOK, M.; [et al.]. "The transfer and application of Product Service Systems: from academy to UK manufacturing firms". Journal of cleaner Production. 2006, vol. 14, N°. 17, P. 1455-1465.
6. OLIVA, R; KALLENBERG, R. "Managing the transition from products to services". International Journal of Service Industry Management. 2003, vol. 14, N°. 2, P. 160-172.
7. CATERPILLAR GLOBAL MINING. "The last mile from every tire: how haul road maintenance can extend tire life". Viewpoint. Best Practices [on line]. 2007, N°. 1 [ref. 29 of July of 2016]. Available at: <http://viewpointmining.com/article/the-last-mile-from-every-tire>

EQUIPO DE INVESTIGADORES / RESEARCH TEAM



Matías
Siña



Rodrigo
Pascual