

Tipo de artículo: Artículo original

Sistema de Recomendaciones en la Mejora de Procesos de Software aplicando técnicas de Inteligencia Artificial

Recommendation System in Software Process Improvement applying Artificial Intelligence Techniques

Reisbel Socarras Peña^{1*} , <https://orcid.org/0000-0002-1747-7089>

Lázaro Franklyn Zamora Fernández² , <https://orcid.org/0000-0001-9032-1526>

Ana Marys Garcia Rodríguez³ , <https://orcid.org/0000-0001-6218-8510>

Yordanis Crespo Urrutia⁴ , <https://orcid.org/0000-0003-4353-1592>

Yordanis Milanes Zamora⁵ , <https://orcid.org/0000-0002-0797-0400>

¹ Facultad 3, Universidad de las Ciencias Informáticas. rsocarras@estudiantes.uci.cu

² Facultad 3, Universidad de las Ciencias Informáticas. lfzamora@estudiantes.uci.cu

³ Departamento de Informática, Facultad 3, Universidad de las Ciencias Informáticas. agarcia@uci.cu

⁴ Departamento de Informática, Facultad 3, Universidad de las Ciencias Informáticas. urrutia@uci.cu

⁵ Departamento de Informática, Facultad 3, Universidad de las Ciencias Informáticas. yordanism@uci.cu

* Autor para correspondencia: rsocarras.estudiantes@uci.cu

Resumen

La Mejora de Procesos de Software tiene como cometido incrementar el rendimiento y utilidad de los procesos. Su esencia radica en la aplicación de Buenas Prácticas que favorezcan la mejora continua de los procesos en el desarrollo de productos y servicios de software. Diversas investigaciones insisten en la necesidad de reutilizar las experiencias previas de las organizaciones, considerando los factores críticos que influyen en el éxito de la mejora de procesos. Sin embargo, se refleja mucha dispersión respecto al cómo ejecutar estas Buenas Prácticas para una mejora de procesos exitosa. Además, se considera esencial la reutilización de experiencias para apoyar la toma de decisiones, es por ello que resulta pertinente la definición de recomendaciones que guíen la aplicación de las Buenas Prácticas, en base a los resultados obtenidos por otras organizaciones que han iniciado previamente un proceso de mejora. La presente investigación propone una herramienta basada en la reutilización de experiencias que, tomando como referencia los Factores Críticos de Éxito en la Mejora de Procesos de Software, recomienda acciones para ejecutar las Buenas Prácticas en la organización. Para ello se concibe un sistema informático, que basado en reglas de asociación y razonamiento basado en casos, ofrece las recomendaciones para aplicar las Buenas Prácticas con vista a la mejora. Para la validación de los resultados, se emplean métodos científicos que convergen en una alta satisfacción de los clientes con la propuesta.

Palabras clave: *Buenas Prácticas, Mejora de Procesos de Software, razonamiento basado en casos, recomendaciones, reglas de asociación*

Abstract

Software Process Improvement aims to increase the performance and usefulness of processes. Its essence lies in the application of Best Practices that favor the continuous improvement of processes in the development of software products and services. Several researches insist on the need to reuse the previous experiences of organizations, considering the critical factors that influence the success of process improvement. However, much dispersion is reflected regarding how to execute these Best Practices for a successful process improvement. In addition, the reuse of experiences to support decision-making is considered



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**
(CC BY 4.0)

essential, which is why it is pertinent to define recommendations to guide the application of Best Practices, based on the results obtained by other organizations that have previously initiated an improvement process. This research proposes a tool based on the reuse of experiences that, taking as a reference the Critical Success Factors in Software Process Improvement, recommends actions to execute the Best Practices in the organization. For this purpose, a computer system is conceived, which based on association rules and case-based reasoning, offers recommendations to apply the Best Practices with a view to improvement. For the validation of the results, scientific methods are used that converge in a high customer satisfaction with the proposal.

Keywords: *good practices, software process improvement, case-based reasoning, recommendations, association rules.*

Recibido: 22/12/2021

Aceptado: 18/03/2022

En línea: 01/06/2022

Introducción

El desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación ha estado íntimamente ligado al desarrollo social de la humanidad, agilizando los procesos y viabilizando el trabajo de las personas (Molina Naranjo; Lavandero García *et al.*, 2017). La creación de nuevos conocimientos y los cambios promovidos en todos los sectores, se producen a un ritmo tan acelerado, que las organizaciones pueden quedar irreversiblemente excluidas del desarrollo, si no se tiene la suficiente tenacidad para entenderlos, preservarlos, incrementarlos y emprenderlos (Castro Díaz-Balart, 2013). En este contexto cobra vital importancia la industria del software para el desarrollo de productos y servicios que soporten los procesos esenciales de la sociedad, convirtiéndose en un factor dominante en la economía del mundo industrializado (Pressman, 2010). Muchas instituciones y países han enfocado sus esfuerzos en el desarrollo de esta industria para elevar la calidad de los procesos que desarrollan, lograr un incremento en el retorno de sus ingresos y posicionarse en un mercado internacional que exige cada vez, productos de mejor calidad (García Rodríguez, Ana Marys, 2018; García Rodríguez, Ana Marys; Milanés Zamora *et al.*, 2018).

A pesar de los beneficios que aporta la industria del software, Standish Group muestra los resultados de un estudio realizado en el Chaos Report, donde se evidencia que la progresiva demanda de informatización de la sociedad no se corresponde con la ejecución exitosa de los proyectos de software (Standish-Group, 2021). En el año 2020 solo el 31% de los proyectos resultó exitoso, el 50% presentó problemas y desafíos que conllevaron a retrasos y el 19% resultó fallido. Además, Portman (Portman, 2021) realiza un análisis estadístico de estos resultados, donde le confiere especial relevancia a la mejora de los proyectos de software, mediante la definición de buenos patrocinadores, equipo de desarrollo y entorno de trabajo. Diversas investigaciones asociadas a los problemas en el desarrollo de software (Devadiga, 2017; Humphrey, 1995; Pressman, 2010; Sommerville, 2020; 2011), coinciden en la necesidad de aplicar métodos efectivos de ingeniería de software, siguiéndose una perspectiva sistemática, disciplinada y cuantificable, centrada en el proceso y con un enfoque de calidad (Ieee, 1990).



Los proyectos de Mejora de Procesos de Software (MPS) se centran en mejorar el rendimiento, la utilidad y la efectividad de los procesos de una manera disciplinada, no obstante esta ventaja no siempre se observa a corto o mediano plazo, la implantación de Buenas Prácticas (BP) es una labor cuyo resultado puede tardar años en obtenerse (García Rodríguez, Ana Marys, 2018; Humphrey, 2007; Trujillo Casañola; Febles Estrada *et al.*, 2014a). El análisis en torno a las particularidades de las organizaciones, converge en la definición de factores críticos que influyen positiva o negativamente en la MPS en el éxito en la MPS. El uso de estos Factores Críticos de Éxito (FCE) en función de los contextos organizacionales, contribuye al éxito de la MPS (García Rodríguez, Ana Marys; Milanés Zamora *et al.*, 2018; Trujillo Casañola; Febles Estrada *et al.*, 2014a). Además, investigaciones de García (García Rodríguez, Ana Marys; Milanés Zamora *et al.*, 2018; García Rodríguez, Ana Marys ; Perdomo Vergara *et al.*, 2019; García Rodríguez, Ana Marys; Pérez Betancourt *et al.*, 2018) han identificado el uso de BP y recomendaciones para mejorar el estado de las organizaciones respecto a los FCE en la MPS.

En Cuba se han introducido investigaciones que abordan el tratamiento de los FCE y las BP para la MPS (García Rodríguez, Ana Marys, 2018; García Rodríguez, Ana Marys; Arza Pérez *et al.*, 2016; García Rodríguez, Ana Marys; Milanés Zamora *et al.*, 2018; García Rodríguez, Ana Marys ; Perdomo Vergara *et al.*, 2019; García Rodríguez, Ana Marys; Pérez Betancourt *et al.*, 2018; García Rodríguez, Ana Marys; Rivero Morales *et al.*, 2018; García Rodríguez, Ana Marys; Trujillo Casañola *et al.*, 2016a; García Rodríguez, Ana Marys; Trujillo Casañola *et al.*, 2016b; Socarras Ramírez; Trujillo Casañola *et al.*, 2018; Trujillo Casañola; Febles Estrada *et al.*, 2014a; 2014b; Trujillo Casañola; Febles Estrada *et al.*, 2014c). El país ya ha alcanzado madurez en la ejecución de la MPS, lo cual se evidencia en el logro de certificaciones internacionales tanto en roles como en procesos de producción, tal es el caso de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) en el nivel 2 de madurez del Modelo de Capacidad de Madurez Integrada (CMMI por sus siglas en inglés).

A pesar de los avances obtenidos en el tratamiento de los FCE, BP y recomendaciones para mejorar el estado de las organizaciones frente a la MPS, persisten insuficiencias asociadas a la reutilización de experiencias para identificar qué acciones pueden aplicar las organizaciones con un mayor nivel de efectividad en los resultados a obtener. En este sentido, se considera oportuno un análisis que guíe a las organizaciones sobre las acciones a implementar como BP en la MPS, sobre la base de experiencias previas almacenadas. Una alternativa efectiva es la aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial (IA) que transformen la información de las experiencias de MPS, en conocimiento útil para la toma de decisiones y poder así, dirigir los esfuerzos y obtener resultados favorables en la MPS.



A partir de lo antes expuesto se identifica como problema de la investigación: ¿cómo recomendar acciones para ejecutar de manera eficiente y efectiva las BP en una organización, a partir de la reutilización de experiencias en la MPS? Para dar solución al problema se plantea como objetivo general: desarrollar un sistema que reutilice las experiencias en la MPS mediante el uso de técnicas de IA (reglas de asociación y razonamiento basado en casos), para recomendar acciones que contribuyan a ejecutar de manera eficiente y efectiva las BP en una organización.

Materiales y métodos

Métodos teóricos:

- El método histórico-lógico y el dialéctico para el análisis crítico de trabajos asociados al uso de las BP y recomendaciones en la MPS, para establecer un punto de referencia y comparación con los resultados alcanzados.
- El método inducción-deducción para la identificación de la problemática, así como sus variantes de solución.
- El hipotético-deductivo para la elaboración del diseño teórico y propuesta de la línea de trabajo de la investigación.
- El analítico-sintético para la descomposición del problema en elementos que permitan su profundización con el fin de sintetizarlos en la solución propuesta.
- La modelación para el análisis y diseño del sistema y sus componentes.

Métodos empíricos:

- El análisis documental para la revisión de la literatura con el objetivo de extraer la información necesaria para trazar la línea de investigación y dar solución a la problemática identificada.
- La encuesta para conocer el nivel de satisfacción de los clientes con la solución desarrollada mediante la aplicación de la técnica Iadov.
- El experimental para comprobar la utilidad de los resultados obtenidos a partir de la ejecución de la propuesta.
- Iadov para evaluar y corroborar por expertos y potenciales usuarios, la factibilidad y pertinencia de la solución, así como los aportes fundamentales de la investigación.
- Métodos estadísticos para el análisis de las encuestas aplicadas a expertos y potenciales usuarios.

Resultados y discusión

Como resultado de la investigación se propone un sistema que reutiliza experiencias en la MPS, para recomendar acciones que contribuyan a ejecutar de manera efectiva las BP en una organización. Teniendo en cuenta la importancia de considerar tanto la eficiencia como la efectividad de aplicar una recomendación, se realiza un análisis



de aquellas recomendaciones con la capacidad de obtener mejores resultados en la generalidad de los casos documentados (eficiencia) y además se obtienen aquellas recomendaciones que han evidenciado mejoras sustanciales en contextos específicos similares a la organización en cuestión (efectividad). Para ello se desarrolla un sistema que emplea técnicas de IA con el objetivo de transformar la información asociada a la MPS en conocimiento útil para tomar decisiones sobre las recomendaciones a aplicar con vista a la mejora. Se aplican reglas de asociación y RBC para recuperar experiencias relevantes en el empleo de las BP en una organización.

Proceso para proponer Recomendaciones en la MPS

Para una mejor comprensión de la propuesta se describe en la figura 1, el proceso que rige el funcionamiento del sistema desarrollado, para luego describir con mayor claridad las historias de usuario que representan las funcionalidades del sistema. El objetivo consiste en proponer un conjunto de Recomendaciones ofreciendo información asociada a la eficiencia y eficacia de cada una de ellas. Para ello se identifica la asociación entre Recomendaciones y BP (eficiencia), además se aplica razonamiento basado en casos para identificar en casos semejantes las Recomendaciones aplicadas de manera más efectiva (efectividad). El objetivo es determinar, entre los casos similares, las recomendaciones más aplicadas y con mejores resultados en su aplicación, para proponerlas como solución en el tránsito hacia el escenario de mejora que desea alcanzar la organización.

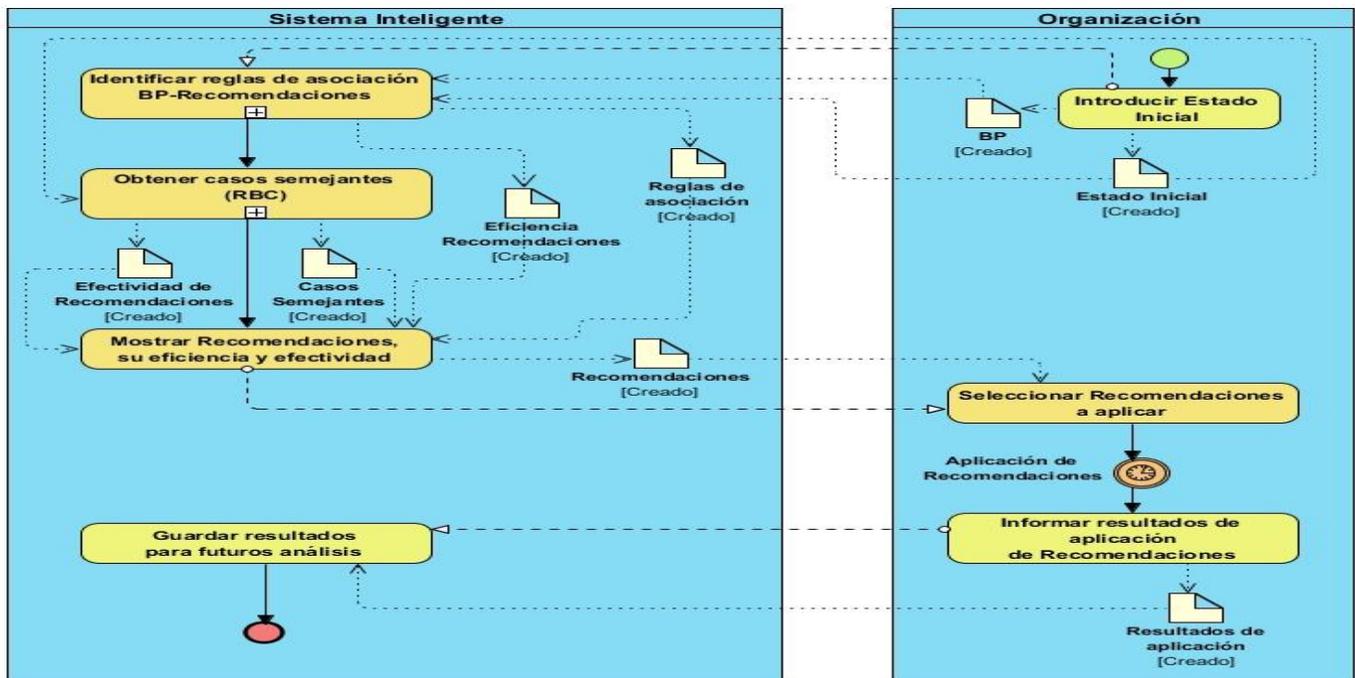


Figura 1. Propuesta de Recomendaciones en la MPS.



Descripción del proceso

Paso 1. Introducir estado inicial:

Se introducen los datos de la organización, así como las BP que puede aplicar.

Paso 2. Identificar reglas de asociación BP-Recomendaciones

Se ejecuta el subproceso Identificar reglas de asociación BP-Recomendaciones (ver figura 2). Las reglas de asociación se representan como: siendo X y Y conjuntos de elementos, $X \rightarrow Y$, donde “x” es una Recomendación y “y” una BP. Ejemplo: $\{R1, R2\} \rightarrow \{BP1, BP2, BP3\}$.

- Transformación del conocimiento en transacciones:

Se realiza una búsqueda en la base de experiencias, de todas las BP aplicadas para mejorar el estado inicial de la organización, con evidencias de resultados satisfactorios, así como las recomendaciones sujetas a esta aplicación por parte de la organización para conducir el cambio. La información que se recupera es almacenada en forma de transacciones en un listado temporal para su posterior procesamiento. Cada transacción se representa por un conjunto de elementos que responde a las recomendaciones y BP recuperadas en la búsqueda.

T es un conjunto de transacciones donde:

$$T = R \cup BP$$

$$T = (R; BP: r_1, r_2, \dots, r_m, bp_1, bp_2, \dots, bp_n)$$

Ejemplo: $\{R1, R2, BP1, BP2, BP3\}$.

- Cálculo de índices de soporte:

Se calculan los índices de soporte para todos los conjuntos de elementos presentes en las transacciones. El índice de soporte se determina con la ecuación 1. Siendo la regla $X \rightarrow Y$, donde $X \subseteq R$ y $Y \subseteq BP$, el soporte de la regla se calcula según la ecuación 1.

$$Sop(X \rightarrow Y) = \frac{Nt(XY)}{T_t} \quad (1)$$

Donde:

Sop ($X \rightarrow Y$) es el soporte de la regla $X \rightarrow Y$.

Nt (XY) representa la cantidad de transacciones con elementos de X y Y del total de transacciones de T.

Tt representa el total de transacciones de T.



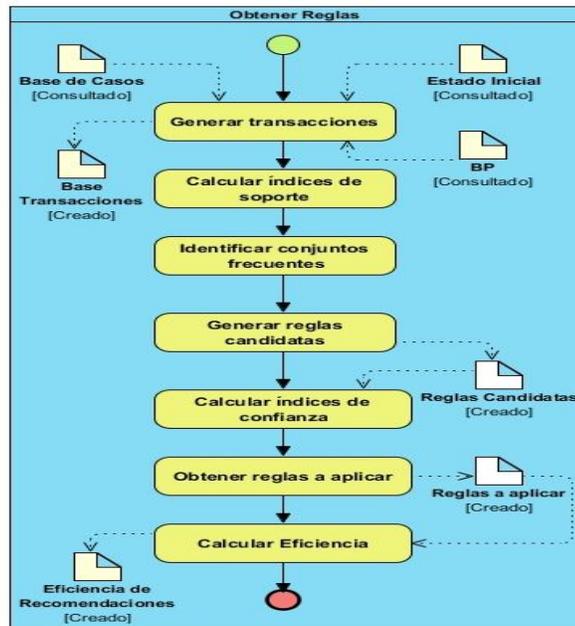


Figura 2. Subproceso Identificar reglas de asociación BP-Recomendaciones.

- Identificación de conjuntos de elementos frecuentes:

Un conjunto de elementos frecuentes es aquel con soporte igual o superior al umbral establecido. Para la investigación se definió como umbral del índice de soporte definido es 0,75 (sobre la base de experimentación). Se identifican todos los conjuntos de elementos frecuentes.

- Generación de reglas candidatas:

A partir de los elementos frecuentes, se generan las combinaciones de reglas candidatas aplicando el algoritmo *A priori* (Singh et al., 2013; Yabing, 2013; Lin, 2014; Pradhan et al., 2014) para reducir el número de candidatos.

- Cálculo de índices de confianza:

El índice de confianza se determina a partir de la ecuación 2. Siendo la regla $X \rightarrow Y$, donde $X \subseteq R$ y $Y \subseteq BP$, el índice de confianza se calcula:

$$Conf(X \rightarrow Y) = \frac{N_t(XY)}{N_t(X)} \quad (2)$$

Donde:

$Conf(X \rightarrow Y)$ es la confianza de la regla $X \rightarrow Y$.

$N_t(XY)$ representa la cantidad de transacciones que contienen los elementos de X y Y del total de transacciones de T.



Nt (X) representa la cantidad de transacciones que contienen elementos de X del total de transacciones de T.

- Obtención de reglas de asociación:

Se obtienen a partir de las reglas candidatas identificadas en el paso anterior. Se desechan las reglas con índice de confianza menor que el umbral definido (0,75).

- Calcular la eficiencia de la regla $X \rightarrow Y$:

$$EF(X \rightarrow Y) = \frac{\sum_{i=1}^n MB_i(X_i(O_e) - X_i(O_0))}{\sum_{i=1}^n MB_i(1 - X_i(O_0))} \quad (3)$$

Donde:

EF ($X \rightarrow Y$) es la eficiencia de la regla $X \rightarrow Y$.

(MB_i) es la medida base en la posición i .

$X_i(O_e)$ Valor de la métrica en la posición i del estado final.

$X_i(O_0)$ Valor de la métrica en la posición i del estado inicial.

Paso 3. Obtener casos semejantes (RBC)

Se ejecuta el subproceso mediante la aplicación de la técnica RBC.

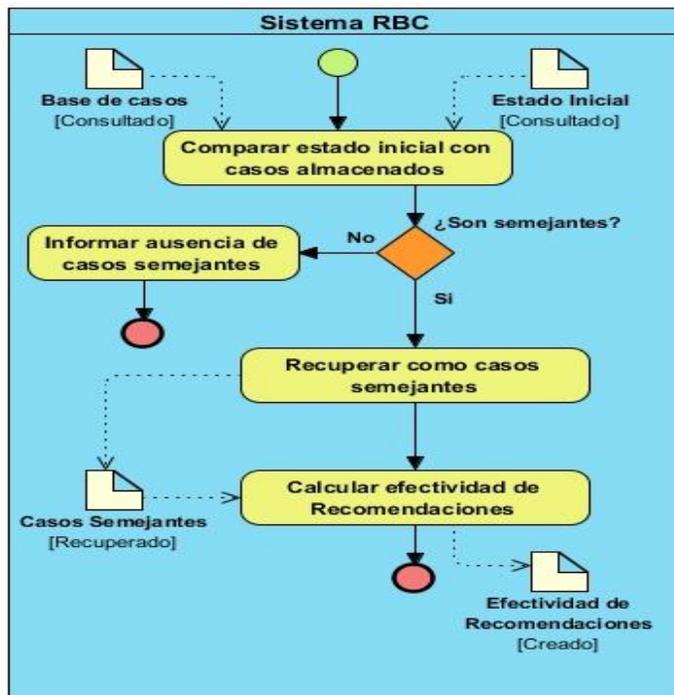


Figura 3. Sistema RBC.



- Comparar estado inicial con casos almacenados:

El sistema realiza una comparación entre el estado inicial y los casos almacenados en la base de casos. Para ello se emplea una función de semejanza S que constituye el resultado de la suma de los valores de semejanza existentes para cada rasgo.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \delta(O_i, O_t)}{\sum_{i=1}^n K_i} \quad (4)$$

Donde:

S : es la función que determina la semejanza entre un nuevo caso (estado inicial O_0) y un caso almacenado O_t de la base de casos. Puede alcanzar valores entre 0 y 1, siendo 1 el valor óptimo que indica una semejanza total entre los casos O_0 y O_t .

n : es el número de rasgos predictores (medidas).

K_i : es el coeficiente de ponderación del FCE al cual corresponde la medida “ i ” y su valor oscila entre 0 y 1, siendo 1 el valor que implica un mayor impacto o relevancia. Se determina que un caso O_0 es semejante al caso O_t si el valor de la función $S \geq 0,75$.

$\delta(O_0, O_t)$: es la función de comparación entre los casos O_0 y O_t al rasgo (medida) “ i ”. Se calcula mediante ecuación 5.

$$\delta(O_i, O_t) = 1 - \frac{|x_i(O_0) - x_i(O_t)|}{\max_i - \min_i} \quad (5)$$

Donde:

$\delta(O_0, O_t)$: es la función de comparación entre los casos O_0 y O_t atendiendo al rasgo (medida) “ i ”. Su valor oscila entre 0 y 1, donde mientras más aproximación exista hacia el valor 1, mayor será la semejanza entre los casos O_0 y O_t para el rasgo o medida “ i ”.

$x_i(O_0)$: es el valor que tiene el rasgo o medida “ i ” en el caso O_0 .

$x_i(O_t)$: es el valor que tiene el rasgo o medida “ i ” en el caso O_t .

\max_i : es el valor máximo que puede alcanzar el rasgo o medida “ i ”.

\min_i : es el valor mínimo que puede alcanzar el rasgo o medida “ i ”.

- Recuperar casos semejantes:

A partir de los resultados obtenidos en la actividad “Comparar estado inicial con casos almacenados”, se recuperan los casos cuyo valor de la función $S \geq 0,75$.



- Calcular efectividad de Recomendaciones:

Se obtienen las Recomendaciones a partir de frecuencia de ocurrencia en casos semejantes. Del conjunto de recomendaciones obtenidas de la aplicación de reglas de asociación para $X \rightarrow Y$ (donde “x” es una Recomendación y “y” una BP), se identifican las recomendaciones con mayor frecuencia de uso, calculada mediante la ecuación 6.

$$F_i = \frac{Nr_i}{Nr_t} \quad (6)$$

Donde:

“i”: se refiere a la recomendación o conjunto de recomendaciones a aplicar, dada(s) por el resultado de la aplicación de reglas de asociación entre BP y recomendaciones. Este análisis se realiza para evaluar la influencia de una o varias recomendaciones en combinación sobre las BP.

F_i : es la función que representa la frecuencia de ocurrencia de la(s) recomendación(es) “i” en los casos semejantes recuperados.

Nr_i : es el número de veces que se aplicó la(s) recomendación(es) “i” en el total de casos semejantes recuperados.

Nr_t : es el número total de recomendaciones aplicadas en el total de casos semejantes recuperados.

Paso 4. Mostrar Recomendaciones, su eficiencia y efectividad:

Se muestran las Recomendaciones, especificando su eficiencia y efectividad a partir de la aplicación de las reglas y el RBC.

Paso 5. Seleccionar recomendaciones a aplicar:

Una vez propuestas las recomendaciones, la organización selecciona aquellas que considera pueden ser aplicadas, para luego de su aplicación, proceder a la evaluación de su uso.

Paso 6. Informar resultados de aplicación de Recomendaciones:

Luego de la puesta en práctica de las Recomendaciones en la organización, se especifican las empleadas y el resultado obtenido.

Paso 7. Guardar resultados para futuros análisis:

Se guardan las recomendaciones seleccionadas y los resultados obtenidos para su posterior aplicación y evaluación. Se almacena el escenario alcanzado por la organización en la base de experiencias como un caso real a considerar en futuros análisis, así como el estado inicial desde el cual evolucionó y mediante la aplicación de cuáles recomendaciones.



Proceso para proponer Recomendaciones en la MPS

El problema de la investigación parte del uso de la información de las BP y las Recomendaciones, para apoyar la toma de decisiones en la MPS. La solución propuesta se centra en un sistema que combina el tratamiento de las Recomendaciones y las BP, para proponer un conjunto de Recomendaciones mediante el uso de técnicas de IA. Es necesario valorar la aplicabilidad y satisfacción de los clientes con la propuesta, para ello se emplearon las pruebas de caja negra y la técnica de Iadov.

Verificación de la calidad mediante pruebas de software

Las pruebas de caja negra se basan en las especificaciones del sistema a ser probadas para elaborar los casos de prueba. Su comportamiento se evalúa mediante sus entradas y las salidas obtenidas a partir de ellas. Sin embargo, el estudio de todas las posibles entradas y salidas sería impracticable, es por ello que se selecciona un conjunto sobre las que se realizan las pruebas. Para la aplicación de esta prueba se seleccionó la técnica de Particiones de Equivalencia. Como parte del proceso de pruebas, se realizaron tres iteraciones de pruebas hasta no detectarse nuevas no conformidades. En la figura 4 se muestra el resultado de las no conformidades detectadas en cada una de las iteraciones de casos de pruebas.

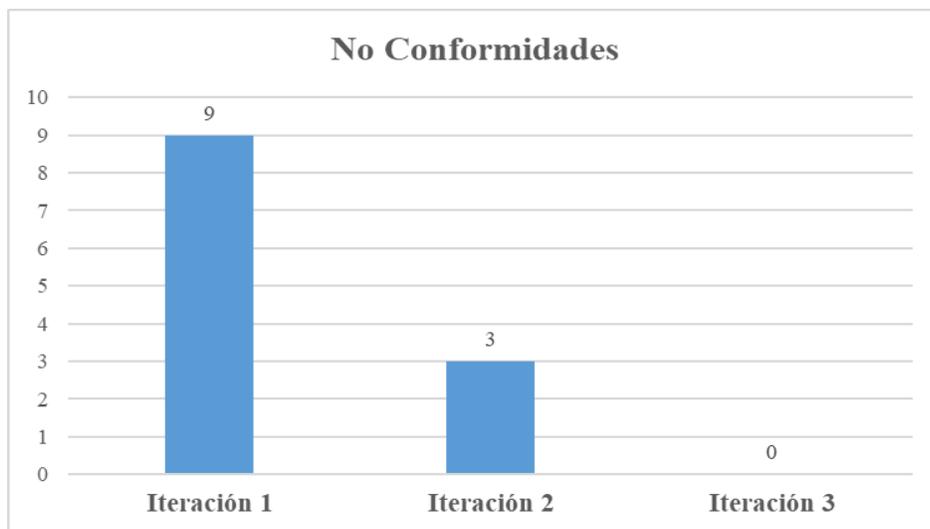


Figura 4. No Conformidades identificadas por iteraciones de pruebas.

Valoración de la satisfacción del cliente. Técnica de Iadov



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

La validar la satisfacción del cliente con la solución desarrollada se aplicó la técnica de Iadov (De Castro Fabre; Padrón *et al.*, 2020; De Rozas, 2014), que permite el estudio del grado de satisfacción de los involucrados en un proceso o actividad objeto de análisis. Iadov tiene su base en la aplicación de una encuesta con al menos tres preguntas cerradas y algunas abiertas. Las preguntas cerradas forman parte del Cuadro Lógico de Iadov (ver tabla 4) y contribuyen a determinar la escala de satisfacción individual de los encuestados. Las preguntas abiertas se emplearon para profundizar en los elementos positivos, así como las recomendaciones o insuficiencias del sistema evaluado (De Rozas, 2014).

Tabla 1. Cuadro lógico de Iadov para la investigación.

¿Cuál es su criterio sobre el Sistema Inteligente para la Propuesta de Recomendaciones en la MPS?	¿Considera usted oportuno iniciar la MPS sin una guía sobre como ejecutar las BP en su organización?								
	No			No sé			Sí		
	¿Utilizaría usted el sistema desarrollado para apoyar la toma de decisiones en su organización al iniciar la MPS?								
	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No
Me gusta mucho	1	2	6	2	2	6	6	6	6
No me gusta mucho	2	2	3	2	3	3	6	3	6
Me da lo mismo	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Me disgusta más de lo que me gusta	6	3	6	3	4	4	3	4	4
No me gusta nada	6	6	6	6	4	4	6	4	6
No sé qué decir	2	3	6	3	3	3	6	3	4

A partir de la triangulación de las respuestas de los encuestados en las preguntas cerradas que conforman el cuadro lógico de Iadov, se determina el índice de satisfacción individual. Luego, el índice de satisfacción grupal (ISG) mediante la siguiente ecuación a partir de los niveles de satisfacción:

$$ISG = \frac{A(+1) + B(+0,5) + C(0) + D(-0,5) + E(-1)}{N} \tag{7}$$

Donde:

A es el número de encuestados con índice individual 1.

B es el número de encuestados con índice individual 2.



C es el número de encuestados con índice individual 3 ó 6.

D es el número de encuestados con índice individual 4.

E es el número de encuestados con índice individual 5.

N es el número total de encuestados.

Al aplicarse las encuestas a 9 personas se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2. Resultado de la aplicación de la técnica Iadov. Escala de satisfacción.

Nivel de satisfacción	Cantidad	Porcentaje
Máxima satisfacción	8	88,89
Más satisfecho que insatisfecho	1	11,11
No definida o contradictoria	0	0,00
Más insatisfecho que satisfecho	0	0,00
Máxima insatisfacción	0	0,00

A partir de los datos de satisfacción individual, se determinó el ISG, obteniéndose un valor de 0,94, lo cual se traduce en una clara satisfacción con el sistema. Las preguntas abiertas estuvieron dirigidas a valorar:

- La utilidad del sistema para guiar la toma de decisiones en la ejecución de las BP para la MPS.
- La aplicabilidad del sistema en entornos de producción de software con diversas características.
- El grado en que se considera que el uso de la información de las BP y las Recomendaciones contribuye a apoyar la toma de decisiones al iniciar la MPS

Como resultado de los criterios emitidos en las preguntas abiertas se obtuvo la siguiente sugerencia:

- Considerar la posibilidad de extender las BP y recomendaciones al contexto de un modelo de referencia específico para futuras investigaciones.

La aplicación de la técnica de Iadov permitió obtener datos relevantes sobre al grado de satisfacción de los clientes potenciales con el sistema desarrollado. Los resultados arrojados y los criterios emitidos corroboran la fortaleza de la herramienta propuesta, reflejándose una opinión positiva respecto a la satisfacción con el sistema, su utilidad y aplicabilidad; así como la consideración de que el uso de la información de las BP y las Recomendaciones contribuye a apoyar la toma de decisiones al iniciar la MPS.



Conclusiones

1. La información asociada a las Buenas Prácticas y las Recomendaciones, resulta relevante para apoyar la toma de decisiones en la Mejora de Procesos de Software, sin embargo, no se realiza un análisis de su influencia en combinación para guiar los esfuerzos hacia el cómo ejecutar las Buenas Prácticas en las organizaciones.
2. La herramienta informática desarrollada aplica técnicas de Inteligencia Artificial para apoyar la toma de decisiones en la aplicación de Buenas Prácticas en la Mejora de Procesos de Software. Implementa un razonamiento basado en casos para determinar la efectividad de las Recomendaciones propuestas mediante la comparación con casos similares a la organización objeto de análisis. Además, identifica las relaciones entre Buenas Prácticas y Recomendaciones haciendo uso de las reglas de asociación, para determinar la eficiencia de aplicación de las Recomendaciones mediante el análisis de los elementos frecuentes y de confianza de las reglas.
3. Los resultados de la validación de la solución, corroboran que su aplicación contribuye a apoyar la toma de decisiones en la Mejora de Procesos de Software, mediante la propuesta de Recomendaciones para ejecutar las Buenas Prácticas. Ello se evidencia en los resultados de la aplicación de pruebas al sistema, así como en una alta satisfacción de los clientes con la solución desarrollada.

Conflictos de intereses

No existen conflictos de intereses de los autores con ninguno de los contenidos expuestos o de cualquiera otra índole.

Contribución de los autores

1. Conceptualización: Ana Marys Garcia Rodríguez.
2. Curación de datos: Reisbel Socarras Peña.
3. Análisis formal: Yordanis Crespo Urrutia, Yordanis Milanes Zamora.
4. Adquisición de fondos: No se emplearon fondos.
5. Investigación: Reisbel Socarras Peña.
6. Metodología: Reisbel Socarras Peña.
7. Administración del proyecto: Reisbel Socarras Peña.
8. Recursos: Reisbel Socarras Peña.
9. Software: Reisbel Socarras Peña, Lázaro Franklyn Zamora Fernández.
10. Supervisión: Ana Marys Garcia Rodríguez.



11. Validación: Reisbel Socarras Peña, Lázaro Franklyn Zamora Fernández.
12. Visualización: Reisbel Socarras Peña.
13. Redacción – borrador original: Reisbel Socarras Peña.
14. Redacción – revisión y edición: Ana Marys Garcia Rodríguez.

Financiamiento

Proyecto de investigación GRISOFT - UCI.

Referencias

CASTRO DÍAZ-BALART, F. (2013). La Ciencia para el desarrollo en el Siglo XXI. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 2(2): 1-10.

DE CASTRO FABRE, A. F.; A. L. PADRÓN and M. V. G. ÁGUILA (2020). Sistema de indicadores para prever, diseñar y medir el impacto de los proyectos de investigación. *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(2): 50-58.

DE ROZAS, M. L. F. S. (2014). Creación y desarrollo de capacidad de absorción de tecnología en Organizaciones de base productiva de la generación distribuida cubana. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*.

DEVADIGA, N. M. (2017). *Software engineering education: Converging with the startup industry*. 2017 IEEE 30th Conference on Software Engineering Education and Training (CSEE&T). IEEE: 192-196. 1538625369.

GARCIA RODRÍGUEZ, A. M. (2018). *Modelo de Recomendación de Escenarios al iniciar la Mejora de Procesos de Software*. Ingeniería y Gestión de Software. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas. 201. p.

GARCIA RODRÍGUEZ, A. M.; L. ARZA PÉREZ; Y. TRUJILLO CASAÑOLA and J. P. FEBLES RODRÍGUEZ (2016). Estrategia de gestión del conocimiento para la recomendación de escenarios en la MPS. *Ciencias de la Información*, 47(2): 19-24.

GARCIA RODRÍGUEZ, A. M.; Y. MILANÉS ZAMORA; Y. TRUJILLO CASAÑOLA; J. P. FEBLES RODRÍGUEZ and I. J. SÁNCHEZ GONZÁLEZ (2018). Asociación entre Buenas Prácticas y Factores Críticos para el éxito en la MPS. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 12(2): 89-103.

GARCIA RODRÍGUEZ, A. M.; A. PERDOMO VERGARA; Y. MILANÉS ZAMORA; Y. TRUJILLO CASAÑOLA; J. P. FEBLES RODRÍGUEZ and H. DARIAS GONZÁLEZ (2019). *Scenario optimization in Software Process Improvement applying evolutionary techniques and association rules*. 2019 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI). IEEE: 1-6. 1728156661.



GARCIA RODRÍGUEZ, A. M.; Y. G. PÉREZ BETANCOURT; J. P. FEBLES RODRÍGUEZ; Y. TRUJILLO CASAÑOLA and A. PERDOMO VERGARA (2018). Kairós: Intelligent system for scenarios recommendation at the beginning of Software Process Improvement. *Informatica*, 42(4).

GARCIA RODRÍGUEZ, A. M.; R. G. RIVERO MORALES; A. PERDOMO VERGARA; Y. TRUJILLO CASAÑOLA; J. P. FEBLES RODRÍGUEZ and Y. MILANÉS ZAMORA (2018). *Evolutionary Artificial Neural Network for success forecast in Software Process Improvement. 2018 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI)*. IEEE: 1-6. 1538646269.

GARCIA RODRÍGUEZ, A. M.; Y. TRUJILLO CASAÑOLA and L. ARZA PÉREZ (2016a). Pronóstico de éxito en la Mejora de Procesos de Software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10: 15-30.

GARCIA RODRÍGUEZ, A. M.; Y. TRUJILLO CASAÑOLA and A. PERDOMO VERGARA (2016b). Optimización de estados en la mejora de procesos de software. *Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 13(2): 9-27.

HUMPHREY, W. S. (1995). *A discipline for software engineering*. India, Pearson Education. 8131703800

HUMPHREY, W. S. (2007). Software process improvement - a personal view: how it started and where it is going. *Software Process: Improvement and Practice*, 12(3): 223-227.

IEEE. (1990). *IEEE standard computer dictionary: Compilation of IEEE standard computer glossaries*. LIBRARY, I. X. D., IEEE Press.

MOLINA NARANJO, M.; J. LAVANDERO GARCÍA and L. HERNÁNDEZ RABELL (2017). Análisis histórico y crítico del desarrollo de las TIC. Impacto social. *Revista Referencia Pedagógica*, 5(2): 158-178p.

PORTMAN, H. (2021). *Project Success. Quick Reference Card*

PRESSMAN, R. S. (2010). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. 7th. New York, McGraw-Hill 810. 978-0-07-337 597-7

SOCARRAS RAMÍREZ, I.; Y. TRUJILLO CASAÑOLA and R. VEGA PRIETO (2018). La mejora de procesos organizacionales para proyectos de desarrollo de software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 12(3): 177-191.

SOMMERVILLE, I. (2020). *Engineering Software Products*. Pearson. 013521064X

SOMMERVILLE, I. (2011). *Software engineering*. 9th. Pearson. 790. 978-0-13-703515-1

STANDISH-GROUP. (2021). *CHAOS 2020: Beyond Infinity*, The Standish Group.

TRUJILLO CASAÑOLA, Y.; A. FEBLES ESTRADA and G. LEÓN RODRÍGUEZ (2014a). Modelo para valorar las organizaciones al iniciar la mejora de procesos de software. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(3): 412-420.



TRUJILLO CASAÑOLA, Y.; A. FEBLES ESTRADA and G. LEÓN RODRÍGUEZ (2014b). Modelo Si. MPS. CU para valorar las organizaciones al iniciar la mejora de proceso de software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 8.

TRUJILLO CASAÑOLA, Y.; A. FEBLES ESTRADA; G. LEÓN RODRÍGUEZ; Y. BETANCOURT RODRIGUEZ; O. ENAMORADO PÉREZ and Y. SANCHEZ OSORIO (2014c). Diagnóstico al iniciar la mejora de proceso de software. *Ingeniería Industrial*, 35(2): 172-183.

