

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

**PROPUESTA DE TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA
APLICAR KPI DE CONTROL Y MONITOREO EN LA
IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS TI.**

BRUNO MORONI BUGLIONI CALDERÓN
ADRIAN IGNACIO CONTRERAS VERGARA

INFORME FINAL DEL PROYECTO
PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA

DICIEMBRE, 2018

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

PROPUESTA DE TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA APLICAR KPI DE CONTROL Y MONITOREO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS TI.

BRUNO MORONI BUGLIONI CALDERÓN
ADRIAN IGNACIO CONTRERAS VERGARA

Profesora Guía: **Pamela Hermosilla Monckton**

Profesor Co-referente: **Antonio Moya Villegas**

Carrera: **Ingeniería Civil Informática**

Diciembre, 2018

Agradezco a mi familia y pareja por ser siempre el apoyo que necesitaba, a mis padres que me dieron las herramientas valóricas para desarrollarme como un buen profesional, a mis amigos y compañeros que estuvieron a mi lado durante los períodos difíciles de la carrera. Este logro no hubiese sido posible sin ustedes.

Agradezco a mi familia, por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de este proceso de formación, particularmente a mis padres, por sus enseñanzas y su ejemplo, ya que sin ellos, yo no podría estar aquí. Agradezco también a mi esposa por la compañía y toda la ayuda que me ha entregado durante todo este tiempo.

Índice

Índice	iii
Resumen	v
Abstract	v
Lista de Figuras	vi
Lista de Tablas	vi
1. Introducción	1
2. Situación de estudio	2
2.1. Descripción del problema	2
2.2. Objetivos del proyecto	2
2.2.1. Objetivo General	2
2.2.2. Objetivos específicos	2
2.3. Estado del Arte	3
3. Marco Teórico	3
3.1. Key Performance Indicators (KPI)	3
3.2. Metodologías de Desarrollo	4
3.2.1. Metodologías de desarrollo Convencionales	4
3.2.2. Similitudes de Metodologías Convencionales	4
3.2.3. Metodologías de desarrollo Ágiles	5
3.2.4. Similitudes de Metodologías Ágiles	5
3.3. Similitudes entre ambos tipos de Metodologías	6
4. Selección de KPI	6
4.1. Lista de KPI's por dimensión	7
5. Propuesta de KPI's	9
5.1. KPI Valor por requerimiento	9
5.1.1. Herramientas	10
5.1.2. Técnicas	13
5.1.2.1. Tabla de Factores	13
5.1.2.2. Reunión con StakeHolders o Interesados	14
5.1.2.3. Juicio Experto	16
5.1.3. Fases de Aplicación	17
5.2. KPI Motivación	17
5.2.1. Recopilar información	18
5.2.1.1. Herramientas	18

5.2.2.	Análisis de datos	19
5.2.2.1.	Herramienta	19
5.2.2.2.	Técnica	19
5.2.3.	Fases de aplicación	20
6.	Aplicación y Validación de la propuesta	21
6.1.	Selección de muestra	22
6.2.	Interpretación de resultados	22
6.3.	Resultados obtenidos	23
6.4.	Observaciones y mejoras de la propuesta	26
6.4.1.	Valor por Requerimiento	26
6.4.2.	Motivación	27
6.5.	Consideraciones	27
7.	Conclusiones	28
8.	Referencias	30
	Anexos	32
	Anexo 1: Metodologías tradicionales	32
1.1	Modelo Cascada	32
1.2	Modelo Prototipado	32
1.3	Modelo Espiral	33
	Anexo 2: Metodologías ágiles	34
2.1	Scrum	34
2.2	Extreme Programming (XP)	34
2.3	Rapid Application Development (RAD)	35
	Anexo 3: Tabla Resumen de KPI's	36
	Anexo 4: Cuestionario de motivación del equipo de trabajo	40
	Anexo 5: Interpretación de resultados de KPI Motivación	42
	Anexo 6: Resumen de los resultados obtenidos	47
6.1	Resultados grupo Laboratorio IOT – CCTVal	47
6.2	Resultados grupo estudiantes PUCV	48

Resumen

La gestión y la administración de proyectos es un tema en el cual se deben considerar muchas variantes, dado que en cada proyecto se encuentran comprometidos los recursos de los interesados (tiempo, dinero, etc). Es por eso que el uso de ciertas prácticas ha demostrado generar mejoras en la utilización de dichos recursos. En esta investigación se propondrán diferentes técnicas¹ y herramientas² que buscan obtener la información necesaria para la aplicación de diferentes indicadores claves de rendimiento (KPI) los cuales pueden ser utilizados para mejorar los diferentes procesos presentes en las etapas del desarrollo en proyectos de Tecnologías de Información (TI), ya sea en metodologías convencionales o metodologías ágiles; buscando con esto llegar a una propuesta final, compuesta de técnicas y herramientas que mejoren la obtención de información, facilitando así la aplicación de los KPI propuestos.

Palabras clave: administración de proyectos, técnicas, herramientas, metodologías convencionales, metodologías ágiles, proyectos TI.

Abstract

The projects management is a subject in which many variants must be considered, because in each project the resources of the interested parties are compromised (time, money, etc.). That is why the use of certain practices has proven to generate improvements in the use of said resources. This research will propose different techniques and tools that can be used to improve the different processes present in the stages of development in Information Technology projects, either in conventional methodologies or agile methodologies; seeking with this to arrive at a final proposal, composed of techniques and tools that improve the obtaining of information, thus facilitating the application of the proposed KPIs.

Keywords: administration of projects, techniques, tools, development, IT projects, conventional methodologies, agile methodologies, KPIs.

¹ Técnicas: Conjunto de prácticas que se utilizan para lograr un determinado objetivo, en este caso para la obtención de información referente al proyecto.

² Herramientas: Elementos que facilitan el desarrollo de una determinada tarea, en este caso que apoyen a realizar procesamiento de información referente a la gestión del desarrollo.

Lista de Figuras

Ilustración 1 Aspectos de Medición de un proyecto	7
---	---

Lista de Tablas

<i>Tabla 1 Listado de KPI's</i>	8
<i>Tabla 2 Tabla Principal KPI Valor por requerimiento</i>	10
<i>Tabla 3 Tabla de cálculos para KPI Valor por requerimiento</i>	11
<i>Tabla 4 Tabla principal KPI Valor por requerimiento</i>	12
<i>Tabla 5 Tabla de Factores para el cálculo de Puntos de Requerimiento</i>	13
<i>Tabla 6 Tabla de roles en proyectos TI</i>	15
<i>Tabla 7 Resultados de participación</i>	23
<i>Tabla 8 Percepción de los equipos de aplicación</i>	23
<i>Tabla 9 Percepción por parte del equipo de investigación</i>	25

1. Introducción

La gestión y el desarrollo de proyectos en el área de las tecnologías de la información son tareas cada vez más complejas de realizar y por lo mismo más desafiantes. Esto debido en cierta medida a que la competitividad cada vez es mayor, las tecnologías disponibles para trabajar son altamente dinámicas y un sinnúmero de factores más que hacen que estas actividades necesiten herramientas más específicas de control que permitan obtener información relevante para la mejora de sus procesos.

Con el presente advenimiento de diversos tipos de metodologías de desarrollo, especialmente con el auge de las que son de índole ágil, se ha presentado un nuevo estilo de gestión y control, uno en el que los resultados y el avance son cada vez más importantes. Por lo mismo, la correcta aplicación de indicadores y herramientas de apoyo a la gestión es cada vez más difícil debido al tiempo y esfuerzo que puede conllevar el aplicarlos.

No obstante, el ser capaces de monitorear eficazmente el estado de un proyecto, o el desempeño de un equipo de desarrollo es clave para aumentar la competitividad y el control que se tiene del trabajo realizado, y como cada proyecto y cada empresa es diferente, se requiere de medidas personalizadas y acordes para cada caso. Es por esto que se propondrán herramientas que sean cómodas y efectivas, así como técnicas apropiadas para aplicarlas acorde a la metodología que se esté realizando y flexibles para adaptarse a la realidad de cada equipo de trabajo.

Después de conseguir identificar las técnicas y herramientas para lograr el cometido de mejorar el desempeño de desarrollo de proyectos TI, se buscará la aplicación de dichas herramientas para la obtención de información relevante que sea requerida por uno o más de los KPI propuestos en el presente informe.

¿Cómo es el desempeño de mi equipo de trabajo? ¿Cuáles son los puntos débiles de mi proyecto o cuáles son mis principales fortalezas? Son solo algunas de las preguntas que se pueden responder si se aprende a obtener la información relevante por medio de herramientas y técnicas apropiadas para su entorno laboral específico.

2. Situación de estudio

2.1. Descripción del problema

En la actualidad existen una gran variedad de metodologías de desarrollo que enmarcan el modo en que se realiza un proyecto. Este marco de trabajo no solo afecta al proceso de desarrollo propiamente tal, sino que también al de gestión y control del proyecto. Esto implica que un KPI que busca ayudar a la gestión puede ser fácil de utilizar en un tipo de proyecto y en otro puede ser muy complicado de aplicar, ya sea por la toma de información o porque la estructura de la metodología utilizada lo dificulta.

Sabiendo a priori que una gran cantidad de KPI's son muy difíciles de aplicar, o no son aplicables a todos los proyectos, el problema radica en saber discriminar qué técnicas se pueden utilizar para la obtención de información requerida para estos indicadores, así como también saber qué prácticas son aplicables en cada proyecto y en el caso de no poder utilizar una herramienta que aporte un valor adicional, el desafío es implementar un conjunto de técnicas (con sus respectivas prácticas) que permitan la utilización de dichos KPI para así generar una buena utilización de los recursos asociados al proyecto.

2.2. Objetivos del proyecto

2.2.1. Objetivo General

Proponer y validar un conjunto de técnicas y herramientas que permitan la obtención de información necesaria para la aplicación de KPI en la implementación de proyectos TI.

2.2.2. Objetivos específicos

- Clasificar los tipos de metodologías de desarrollo en proyectos TI, y sintetizar las etapas más significativas entre dichas metodologías.
- Reconocer y analizar los diferentes KPI aplicables al monitoreo y control de proyectos TI.
- (Seleccionar herramientas que permitan la recopilación de información para los KPI.)
- Formular técnicas que permitan la utilización de las herramientas seleccionadas.
- Escoger las etapas de desarrollo a las cuales se pueden aplicar los KPI seleccionados.
- Aplicar las diferentes técnicas y herramientas propuestas en los equipos de trabajo seleccionados.
- Verificar la eficacia de la propuesta en la gestión de los equipos de trabajo.
- Evaluar y verificar la propuesta inicial en base a los resultados obtenidos.

2.3. Estado del Arte

El control y monitoreo del estado de un proyecto es una de las principales tareas dentro de la implementación de los proyectos TI, es por esto que actualmente se utilizan varios indicadores que otorgan información relevante sobre el estado del proyecto, como el Valor Ganado, la Variación del cronograma, entre otros similares. La complicación es que estos indicadores no son completamente aplicables a las nuevas metodologías de desarrollo ágil o bien presentan variantes que no otorgan una información tan fidedigna como lo hacen en proyectos con metodologías convencionales.

A su vez, para obtener información que alimente los indicadores se utilizan diferentes herramientas, siendo estas utilizadas mayormente en las etapas de planificación y diseño [1]. Es por esto que, debido a la tendencia actual en la industria de adoptar metodologías ágiles [2], no siempre se logra obtener dicha información debido a que estas tienen como una de sus características el emplear un menor tiempo en la planificación enfocándose en la consecución de objetivos específicos.

En este contexto, la utilización de herramientas conocidas, como el diagrama PERT y la carta GANTT han ido cambiando, acotando su uso y desaprovechando todo su potencial. Esto no significa que estas herramientas están obsoletas o que ya no se utilicen, sino que su uso es más limitado, menos detallado o que no se están aplicando técnicas apropiadas para su uso eficaz.

Si bien existen técnicas que apoyan la utilización de determinados KPI adaptando su uso a la metodología o al proyecto que se esté realizando, se hace necesario encontrar el equilibrio entre el dinamismo de las metodologías ágiles y el control que las herramientas más convencionales pueden brindar sin mermar el desempeño del equipo de trabajo.

3. Marco Teórico

3.1. Key Performance Indicators (KPI)

Para poder comprender el marco en cual se trabajará en esta investigación, es necesario la definición de lo que se entenderá como “Key Performance Indicator” o KPI, estos indicadores representan un conjunto de medidas, las cuales están enfocadas en aquellos aspectos que determinan el performance de sus procesos siendo estos considerados “críticos” para clasificar un proyecto como exitoso [3].

Estos indicadores son utilizados para el apoyo a la gestión de los proyectos, apoyando a la Dirección de Proyecto en el proceso de toma de decisiones respecto al estado actual en que se encuentra el proyecto.

Los KPI se caracterizan por poseer un número de cualidades definidas a continuación [4]:

- S: Específico, un KPI debe ser claro y enfocado en el objetivo que se desea medir.
- M: Medible, un KPI se debe poder expresar en términos numéricos.
- A: Alcanzable, los objetivos de un KPI deben ser razonables y realizables.
- R: Realista o relevante, un KPI es directamente atingente al trabajo realizado en el proyecto.
- T: Temporales, un KPI debe permitir su monitoreo dado un período de tiempo.

3.2. Metodologías de Desarrollo

Una metodología de desarrollo es el marco de trabajo en el cual se define cómo se realizará la estructuración, planificación y control de la creación de un sistema de información [5] es por esto que la metodología puede ser enfocada de diferentes formas, y en esta diferencia radica la variación entre las metodologías ágiles y las metodologías.

3.2.1. Metodologías de desarrollo Convencionales

Las metodologías de desarrollo convencionales se caracterizan por estar guiadas por una fuerte planificación la cual es acompañada de una robusta documentación, la cual detalla el proceso con el que se realizarán las tareas futuras. Para identificar las etapas comunes en las diferentes metodologías convencionales, se utilizarán como referencia principal, algunos de los modelos más icónicos de éste tipo de metodologías, a saber: el modelo cascada, el modelo prototipado y el modelo espiral.

Para una referencia más detallada de cada uno de estos modelos, se ha preparado un anexo especial donde se resumen algunas de las características de cada uno de los citados modelos de desarrollo [*Anexo 1: Metodologías tradicionales*].

3.2.2. Similitudes de Metodologías Convencionales

Si bien cada una de las metodologías que han sido tomadas como referencia poseen características distintivas entre sí, estas se ven reflejadas mayoritariamente en el proceso de desarrollo. Así, la manera de proceder de un proyecto basado en prototipos tenderá a ser más participativa por parte del cliente que uno que utilice el modelo cascada.

A pesar de estas diferencias a nivel de desarrollo, se presentan algunas similitudes entre las metodologías tradicionales, las que se presentan a continuación:

- **Fase de Planificación:** En esta fase se generan diversos documentos y herramientas para el apoyo a la gestión del proyecto. El nivel de detalle de cada uno de estos varía en función a que modelo de desarrollo se esté aplicando. En el caso de escoger metodologías basadas en prototipos o en espiral, es esta fase en donde se definen entregables que delimiten las iteraciones que se llevarán a cabo durante el transcurso del proyecto.

- **Fase de Desarrollo:** Durante esta fase se concentra la mayor parte del trabajo de codificación. Además de controlar el estado de avance del proyecto, en este punto se controla y se monitorea el riesgo del proyecto.
- **Fase de Verificación:** Luego de realizado el trabajo, es necesario revisar si éste cumple con los requerimientos y expectativas del cliente.

3.2.3. Metodologías de desarrollo Ágiles

Las metodologías de desarrollo ágil buscan proveer al cliente con un software incremental, el cual se va desarrollando por un equipo acotado de personas, lo cual facilita la comunicación entre dicho equipo y el cliente mismo. Otra arista importante de las metodologías ágiles es que buscan incrementar las funcionalidades y el valor mismo del producto por medio de iteraciones en las cuales se concluye con la entrega de un producto funcional. Todo esto acompañado de una amplia participación del cliente y un bajo nivel de documentación, debido a que se prioriza la utilización de los recursos en la ejecución del proyecto mismo y no en la planificación detallada de este. [6]

Al igual que con las metodologías tradicionales, se ha preparado un detalle de los modelos ágiles seleccionados en este documento el cual se encuentra en la sección de anexos [Anexo 2: Metodologías ágiles].

3.2.4. Similitudes de Metodologías Ágiles

Las metodologías ágiles presentan dos factores comunes entre sí: Gran participación del cliente/usuario y los prototipos. La mayoría de las metodologías ágiles buscan otorgar un producto tangible a los clientes en un tiempo reducido, incluso si este no presenta la totalidad de funciones (como para considerarlo un producto final y terminado), es por esto que a continuación se definirán las etapas que se considerarán al trabajar con metodologías ágiles:

- **Definición de requerimientos:** Reuniones con el cliente/usuario para determinar un pool de requerimientos necesarios para la aprobación del prototipo a entregar y de ser posible, definir parte del alcance total del proyecto en base a lo que se tenga actualmente y lo que se espera llegar.
- **Planificación de la iteración:** Esta etapa corresponde a la reunión interna del equipo de trabajo, en donde se planificará la iteración actual y no debería tomar más de 2 días.
- **Iteración:** Fase de desarrollo en la cual el equipo comienza a satisfacer los requerimientos asociados a la iteración actual, manteniendo un contacto periódico con el cliente.
- **Fase de finalización:** Entrega del prototipo funcional con los requerimientos solicitados, en esta fase es importante mantener un poco de documentación referente a las sugerencias e ideas que puedan surgir para futuras iteraciones (en

caso de no haber cumplido con las especificaciones entregadas por el usuario/cliente).

3.3. Similitudes entre ambos tipos de Metodologías

Si bien entre metodologías tradicionales y ágiles existen varias diferencias, al realizar el análisis de similitudes entre ellas queda en evidencia que en la base de cada una existen fases que son imprescindibles y por ende transversales al tipo de metodología que se esté utilizando. Así, el conjunto base de fases se compone de los siguientes elementos:

- Planificación
- Desarrollo (o Iteración)
- Finalización (o Verificación)

Si bien en ciertas metodologías algunas de estas fases incluyen más aspectos que otras (por ejemplo, la fase de verificación de una metodología tradicional es más extensa que la de finalización de una metodología ágil), la dirección y el enfoque general es el mismo y para efectos de aplicación de técnicas y herramientas para obtener KPI, estas diferencias no significan un mayor impedimento para aplicarlas.

4. Selección de KPI

Teniendo en cuenta las diferencias y similitudes entre las metodologías de desarrollo, se pueden aprovechar los factores comunes entre ellas para seleccionar indicadores que sean aplicables transversalmente independiente de la metodología utilizada.

Con esto en mente, la pregunta a la hora de la selección de un KPI es saber cuáles aspectos del proyecto a medir son de mayor relevancia y por lo tanto, necesitan ser medidos y controlados. En otras palabras, se necesita determinar primero qué es lo que se quiere medir y cuáles son los aspectos que se desean controlar.

Para dar una guía de cuáles deben ser los enfoques a medir es que existen diversas métricas que orientan los esfuerzos y la aplicación de indicadores. A continuación, se presentan los “Aspectos de medición” de un proyecto, que engloban las dimensiones más importantes de este.

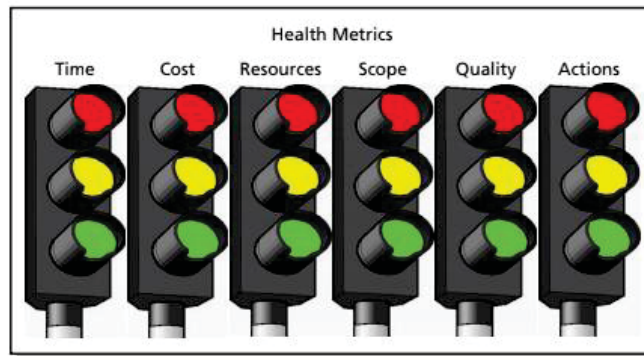


Ilustración 1 Aspectos de Medición de un proyecto [7]

Donde cada una de estas representa:

- Tiempo: Incluye todas las métricas e indicadores relacionados con el rendimiento de la calendarización y tiempo del proyecto.
- Costo: Indica el rendimiento de los costos asociados al proyecto.
- Recursos: Mide la calidad y cantidad del personal actual comparado con el planificado.
- Alcance: Analiza el número de peticiones de cambios y nuevos requerimientos versus el alcance inicial del proyecto.
- Calidad: Número de defectos en contraste al criterio de aceptación del usuario.
- Acciones: Incluye el número de paquetes de trabajo atrasados y por ende las acciones correctivas necesarias

Así, si se abarcan y controlan cada uno de los aspectos que se incluyen en los Aspectos de medición de un proyecto, se tendrá un completo informe del estado actual. Para lograrlo es útil identificar diversos KPI para cada dimensión.

4.1. Lista de KPI's por dimensión

A continuación se presenta una lista de indicadores que han sido recopilados de numerosos estudios abarcando diferentes dimensiones, que pueden resultar de gran utilidad para los usuarios que deseen controlar aspectos diferentes de un proyecto. Esta selección se realizó basado en lo relativamente sencillo que es recopilar la información para la aplicación del indicador versus la utilidad que entregan.

Cabe destacar que además de abarcar diversos aspectos del proyecto, estos indicadores pueden ser aplicados en variadas metodologías de desarrollo, por lo que aprovechan aquellos puntos similares entre modelos ágiles y tradicionales detectados en el presente documento.

Tabla 1 Listado de KPI's

Nombre	Dimensión
Estimación por procesos	Tiempo
Calidad del producto	Calidad
Número de horas sin personal	Recursos, Tiempo
Número de Hitos faltantes	Acciones
Horas de soporte gerencial	Recursos, Tiempo
Paquetes de trabajo aceptados	Acciones, Calidad
Número de cambios en el alcance	Alcance, Acciones
Cambios en el perfil de riesgo	Alcance
Número de supuestos que han cambiado	Alcance, Acciones
Lealtad del cliente	Calidad
Rotación de personal clave, número o porcentaje	Recursos
Porcentaje de horas laborales extra	Recursos, Costos, Tiempo
Variación del cronograma (SV)	Tiempo, Costos
Variación de los costos (CV)	Costos
Desempeño del cronograma (SPI)	Tiempo, Recursos
Desempeño del presupuesto (CPI)	Costos, Recursos

Para obtener una referencia de cómo aplicar estos indicadores junto con sus técnicas y herramientas asociadas, se ha preparado un anexo [*Anexo 3: Tabla Resumen de KPI's*] disponible en caso de que se desee profundizar un poco más en cada uno de ellos.

Como se puede apreciar en la Tabla 1, existen KPI que abarcan más de una dimensión, lo que permite controlar más de un aspecto con solo un indicador.

La necesidad de abarcar más de una dimensión, junto con controlar aspectos que quizás escapen a los abarcados por los “Aspectos de medición” nos han llevado a proponer dos indicadores adicionales a los ya mencionados. El primero de ellos, con la particularidad de medir y controlar variados aspectos de un proyecto de manera sencilla y transversal a la metodología de desarrollo, y el segundo por considerar aspectos transversales del proyecto como la motivación, permitiendo así proveer al usuario de un valor adicional que no se encuentra comprendido en el resto de los indicadores.

5. Propuesta de KPI's

La investigación de las diversas metodologías, la detección de similitudes y diferencias entre ellas y la inclusión de los Aspectos de medición de un proyecto (dimensiones) dan como resultado directrices que permiten la selección de diversos indicadores para los proyectos TI. Como consecuencia, se presentan las siguientes propuestas de indicadores:

- KPI valor por requerimiento.
- KPI motivación.

5.1. KPI Valor por requerimiento

Dado que en la actualidad existe una tendencia hacia el desarrollo ágil, muchos de los indicadores existentes no son completamente aplicables en dichas metodologías y es por esto que se comenzó a desarrollar KPI de carácter híbrido que puedan facilitar esta transición de paradigma (Metodologías convencionales a Metodologías ágiles) o bien puedan otorgar beneficios de otras metodologías de una manera más cómoda sin variar significativamente el marco en el que se desee trabajar.

El KPI Valor por requerimiento es uno de estos indicadores híbridos ya que pueden ser utilizados a gran escala con los proyectos convencionales o en cada iteración de los proyectos ágiles.

Este indicador se basa en uso de “Story Point” propuesto por Eric Christoph [8] el cual busca otorgar a los usuarios una forma de medir el estado actual en que se encuentra el proyecto, considerando el trabajo necesario para realizarlo y los costos que estos requieren, por lo que cubre dimensiones de Tiempo, Costo, Recursos y Alcance del proyecto. Para esto es necesario realizar una serie de técnicas para la recopilación de los datos de entrada de este KPI.

A continuación se especificarán los pasos a seguir y la herramienta que se debe utilizar para obtener la información deseada de este indicador.

5.1.1. Herramientas

Para este KPI se utilizará una tabla en la cual se deben especificar una serie de datos, los cuales serán utilizados para el monitoreo y control del proyecto. Cabe destacar que la columna “Iteración” sólo es aplicable en aquellos casos que se esté utilizando una metodología iterativa y sea pertinente su uso, en cualquier otro caso esta columna puede ser omitida. A continuación, se presenta un ejemplo de la tabla asociada, la cual está incluida en la investigación del uso de “Story Point” [8]:

Tabla 2 Tabla Principal KPI Valor por requerimiento

Fecha recepción	Iteración	Id Requerimiento	Requerimiento	Puntos de requerimiento	% Completado	Ganado (\$)	Ganado (Esfuerzo)
26-05-18	1	RQ1	Realizar módulo de admin.	8	0	0	0
26-05-18	1	RQ2	Realizar módulo de visitas.	4	0	0	0
26-05-18	1	RQ3	Implementar mantenedor de usuarios	7	0	0	0
26-05-18	1	RQ5	Realizar módulo de reportes	7	0	0	0
TOTAL				26		0	0

Esta tabla representa lo mínimo requerido para la utilización de este indicador. Primero se deben identificar los requerimientos del proyecto, ya sean para el proyecto completo (en caso de metodologías convencionales) o de cada iteración (en caso de las metodologías ágiles). A su vez estos requerimientos deben tener un puntaje asignado que está asociado a la dificultad e importancia del requerimiento, este valor debe fluctuar entre 0 y 10 (Siendo 0 cuando el requerimiento no tiene mayor importancia o dificultad, y 10 cuando se trata de un requerimiento crítico). El valor asociado a cada requerimiento puede ser asignado por medio de las técnicas propuestas más adelante en el presente informe.

Por último se tiene una columna para la verificación del requerimiento (Porcentaje de avance del requerimiento) y una columna con el valor obtenido por este requerimiento una vez ha sido completado.

Para saber el valor otorgado por cada requerimiento es necesario realizar un cálculo representado en forma de ejemplo, en la siguiente tabla:

Tabla 3 Tabla de cálculos para KPI Valor por requerimiento

Iteración	Puntos de requerimiento	Tiempo (Horas)	Valor puntos de esfuerzo	Presupuesto	Valor puntos monetarios
1	26	500	19,23	1200	46,15
2	34	600	17,64	2500	73,52
TOTAL		1100		3700	

Esta tabla muestra la suma de los puntos obtenidos por cada una de las iteraciones (En caso de las metodologías ágiles), como también a nivel proyecto (En caso de las metodologías convencionales).

Esta tabla también considera el resumen de los recursos disponibles para la realización del proyecto incluyendo el presupuesto (En la unidad de moneda que se estime conveniente) y el tiempo (en Horas) disponibles para la realización del proyecto ya sea dividido en fases iterativas o a nivel general.

Por último, se tiene el valor que representa cada uno de los puntos, este cálculo se realiza de la siguiente forma [8]:

$$\text{Valor puntos de Requerimiento} = \frac{\text{Presupuesto disponible}}{\text{Puntos de requerimiento}} \quad (1)$$

$$\text{Valor puntos de Esfuerzo} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Puntos de requerimiento}} \quad (2)$$

Estos valores ayudarán al usuario a saber en qué estado se encuentra el proyecto a medida que se van realizando los diferentes requerimientos, ya sea a nivel de esfuerzo (Horas utilizadas para el trabajo) o a nivel de costos (Recursos monetarios utilizados en el proyecto).

A continuación, se presenta una tabla de ejemplo con los valores de realización completados para proceder al entendimiento y análisis de los resultados del KPI.

Tabla 4 Tabla principal KPI Valor por requerimiento

Fecha recepción	Iteración	Id Requerimiento	Requerimiento	Puntos de requerimiento	% Completado	Ganado (\$)	Ganado (Esfuerzo)
26-05-18	1	RQ1	Realizar módulo de admin.	8	100	369,2	153,8
26-05-18	1	RQ2	Realizar módulo de visitas.	4	100	184,6	76,9
26-05-18	1	RQ3	Implementar mantenedor de usuarios	7	50	161,5	67,3
26-05-18	1	RQ5	Realizar módulo de reportes	7	100	323,1	134,6
TOTAL				26		1038,46	432,69

Esta tabla corresponde a la tabla inicial completada una vez terminada la iteración o el proyecto, cabe destacar que es altamente recomendable realizar un monitoreo constante a esta tabla ya que se trata del estado actual en que se debería encontrar la utilización de los recursos monetarios y de tiempo.

Como se puede ver la mayoría de los requerimientos de este ejemplo fueron realizados en su totalidad, a excepción de uno que solo fue completado en un 50%. Con esta información solo hace falta multiplicar cada uno de los puntos de requerimientos asociados con sus respectivos valores obtenidos en la tabla 2, haciendo una regla de tres para obtener el valor exacto según el porcentaje de realización.

Con esta información se puede obtener el total de esfuerzo que se debería haber empleado en la realización de dichos requerimientos según el porcentaje de avance que se encuentren, así como también se puede visualizar el monto que se debió invertir en la realización de estos requerimientos según el porcentaje de avance descrito en la tabla.

Estos valores son el resultado del indicador y proveen al usuario de la información necesaria para saber si los recursos (Tanto tiempo como dinero) fueron utilizados de la manera que se habían planificado en un comienzo o si se dispone de una holgura debido a que se han utilizado menos recursos de los que se debían gastar según la tabla 3.

5.1.2. Técnicas

Una de las problemáticas de este indicador es que para algunos usuarios sin mucha experiencia en la gestión de proyectos o sin mucho conocimiento de su equipo de trabajo, puede resultar complicada la asignación de puntos a cada uno de los requerimientos, o su estimación puede no ser del todo acertada debido a estas falencias. para esto se han considerado 2 técnicas con las cuales se busca realizar una estimación lo más acertada posible.

5.1.2.1. Tabla de Factores

Como se mencionaba anteriormente la falta de experiencia, el poco conocimiento del equipo de trabajo u otros factores atinentes al proyecto, puede originar una mala estimación de “Puntos de requerimiento”, es por esto que se propone la utilización de una tabla basada en la estimación por puntos de caso de uso [9], en la cual se consideraron los factores atinentes al análisis de requerimientos y al equipo de trabajo en el que se trabajará, otorgando de esta forma una integración de factores técnicos y ambientales para la estimación de los “Puntos de requerimientos”.

A continuación, se muestran la tabla con sus respectivos campos.

Tabla 5 Tabla de Factores para el cálculo de Puntos de Requerimiento

Factor	Descripción	Peso	Valor	Influencia
R1	Procesamiento complejo	1		
R2	Fácil utilización (aplicar usabilidad)	-1		
R3	Fácil de cambiar	-1		
R4	Implica niveles de seguridad especial	1		
R5	Se requiere formación especial	1		
R6	Experiencia en la aplicación	-1		
R7	Capacidades de análisis del equipo	-1		

R8	Motivación del equipo	-2		
R9	Requisitos estables	-2		
R10	Trabajadores a tiempo parcial	0,5		
R11	Lenguaje complejo	0,5		
			TOTAL	

Cada uno de los factores presentes en la tabla deben ser valorados con un número entre 1 y 5, donde 1 corresponde a “Completamente en desacuerdo” y el valor 5 corresponde a “Completamente de acuerdo”. A continuación, es necesario multiplicar el Peso de cada factor por el Valor asignado, para obtener la influencia del factor en el requerimiento.

Para finalizar se propone sumar cada una de las influencias de los factores para aplicar una ecuación, la cual se formuló durante la presente investigación, y fue planteada por medio de una interpolación que considera los siguientes valores:

- Los valores de la columna “Valor” fluctúan entre 1 y 5.
- El total fluctúa entre -36 y 12 (Siendo 12 el total obtenido con todos los factores adversos y -36 con todos los factores a favor).
- Los “Punto de requerimiento” de la tabla principal del KPI fluctúa entre 1 y 10.

$$\text{Puntos de requerimiento} = 10 + (0,20833 \times (\text{Influencia Total} - 12)) \quad (3)$$

Una vez aplicada dicha fórmula, se obtiene el valor correspondiente a el “Punto de Requerimiento” asociado al requerimiento que se está analizando. Este valor debe ser completado en la tabla principal del KPI Valor por requerimiento para poder realizar un correcto uso de dicho indicador.

5.1.2.2. Reunión con StakeHolders o Interesados

Otra forma de obtener información relevante de los requerimientos de un proyecto es realizando un análisis junto a los StakeHolders o interesados en dicho proyecto. Este análisis puede vislumbrar el verdadero alcance de cada requerimiento, así como también la relevancia que puede tener uno u otro según la perspectiva de los diferentes interesados en el proyecto.

Esta reunión debe tener como objetivo el análisis de los requerimientos, por lo que es necesario que durante dicha reunión se complete la tabla utilizada en el KPI Valor por requerimiento. Para esto se ha dispuesto de una tabla en la cual se presentan los principales interesados de un proyecto, junto con su respectivo peso. Esta tabla tiene como finalidad registrar la importancia que cada interesado estima adecuada para cada requerimiento, lo que permitirá a los usuarios del KPI tener un valor estimado de “Punto de Requerimiento” en el cual se reflejen los intereses de los Stakeholders del proyecto.

A continuación, se presenta una tabla en la cual se muestran diferentes roles que pueden estar presentes en los proyectos TI, junto con esto se propone un “Peso” que representa influencia que posee dicho rol dentro del proyecto. Es necesario destacar que estos valores están basados en estudios realizados por la Escuela de Administración Noruega [10] y son recomendaciones dispuestas a cambios según el usuario estime conveniente.

Tabla 6 Tabla de roles en proyectos TI

Factor	Rol de interesado	Peso	Valor
F1	Cliente Principal	3	
F2	Cliente Área TI	3	
F3	Benefactor	3	
F4	Director de proyecto	5	
F5	Gerente de Proyecto	4	
F6	Jefe de Proyecto	4	
F7	Jefe de Análisis y Diseño	3	
F8	Jefe de Desarrollo	3	
F9	Jefe de TIC	3	
F10	Encargado de Seguridad TI	3	

Esta tabla representa a cada uno de los interesados en el proyecto, y la columna valor corresponde a la asignación que debe realizar cada uno de estos interesados, la cual debe ser un valor entre 1 y 5. En caso de no presentar uno de dichos interesados se puede prescindir de esa fila.

Posteriormente se procede al cálculo del “Punto de Requerimiento” para el cual se propone la siguiente ecuación:

$$Puntos\ de\ requerimiento = \left(\frac{\sum(Peso \times Valor)}{\sum(Peso \times 5)} \right) \times 10 \quad (4)$$

Para la correcta aplicación de la fórmula (4) se deben considerar los siguientes aspectos:

- Los valores fluctúan entre 1 y 5
- Los “Punto de requerimiento” fluctúa entre 1 y 10
- El factor Peso puede estar basado en los valores establecidos en esta propuesta o bien ser ajustados según las necesidades o el criterio del usuario.

Una vez obtenido el “Punto de Requerimiento” de cada uno de los requerimientos, estos deben ser completados en la tabla del KPI Valor por requerimiento para su posterior análisis y seguimiento.

5.1.2.3. Juicio Experto

Es posible que se puedan presentar oportunidades en las que el usuario del KPI posea la suficiente experiencia y conocimiento de su equipo de trabajo, por lo que una técnica de recopilación de información para este KPI puede ser el juicio experto del usuario, en el cual basa su estimación de “Punto de Requerimiento” en sus experiencias pasadas, antiguos proyectos, su equipo de trabajo y los recursos varios que este pueda poseer.

5.1.3. Fases de Aplicación

Para un correcto uso de este indicador es necesario tener claro lo que se debe hacer y en qué etapas del proyecto se deben realizar los llenados de las tablas, el monitoreo de estas y el análisis de los resultados.

Considerando las Similitudes entre las metodologías previamente analizadas, se especificará las acciones que se deben realizar en cada una de las fases de estas, lo cual permitirá al usuario del KPI tener claridad sobre las instancias en las que se deben realizar la recopilación de información y el análisis de los datos.

- **Planificación:** En las fases de planificación tanto para metodologías convencionales como para ágiles, es necesaria la identificación de los requerimientos asociados al proyecto o a la iteración (en el caso de las metodologías ágiles), así como también el análisis de estos que permitirá asignar los “Puntos de Requerimientos”, los cuales representan un valor esencial en este KPI.
- **Desarrollo (o Iteración):** Durante las fases de desarrollo es necesario monitorear el avance que se ha logrado en cada uno de los requerimientos, para así proceder a completar la tabla principal del KPI y tener constantemente la información actualizada acerca del estado actual del proyecto.
- **Finalización (o Verificación):** Las etapas finales de las diferentes metodologías corresponde a la instancia en la cual se deben analizar los datos obtenidos por el indicador, comparar los costos que se debieron ocupar según el indicador versus los que efectivamente se utilizaron, para saber así si el trabajo realizado cumplió con las expectativas y con la planificación realizada en un comienzo.

5.2. KPI Motivación

Generalmente, los aspectos que más se miden y controlan en los proyectos son los relacionados con las dimensiones del costo y del tiempo, no obstante, un aspecto que es tan importante como los anteriores es la gestión de los recursos humanos.

El que un equipo esté o no motivado influye directamente en la productividad del mismo. Es más, el reconocer los orígenes de la motivación (o desmotivación) en una etapa temprana o clave de un proyecto, puede contribuir a tomar medidas que permitan mejorar aquellos aspectos que hagan que el equipo se sienta disconforme o por el contrario potenciar aquellos que son positivos.

Según la teoría de la motivación, mejor conocida como la jerarquía de las necesidades, establecida por Abraham Maslow [11], se catalogan las necesidades como una pirámide en la cual, la cúspide representa los elementos de mayor importancia para el ser humano, aquellos que más añora y por lo tanto los que más lo motivan.

De esta manera si se busca potenciar la productividad y mejorar la motivación del individuo y del equipo de trabajo, la clave es medir y conocer los aspectos que se relacionen

con los ámbitos de los escalafones más altos de la pirámide, como lo son las Necesidades sociales de amor y pertenencia, Estima y Autorrealización.

Para lograrlo se propone un nuevo KPI que se enfoque en medir la motivación de los trabajadores. Para aplicarlo distinguiremos dos simples pasos:

- Recopilar la información
- Analizar los datos y calcular el indicador

5.2.1. Recopilar información

Para que la información recabada sea fidedigna esta debe ser de carácter anónimo. Las personas se sienten más cómodas y pueden expresarse sin temor si su identidad queda resguardada. Es por esto que es importante que tanto el método de recolección como la información recolectada protejan la identidad del participante.

5.2.1.1. Herramientas

En la actualidad existen una gran variedad de encuestas online de acceso libre, que permiten aplicar cuestionarios de forma anónima y además proveen un resumen estadístico de la información recabada, entre las cuales destacamos:

- Survio [12]
- Google Formularios [13]
- Survey Monkey [14]

Para que la información recopilada sea de mayor utilidad ésta debe abarcar diversos aspectos como el entorno laboral, el proyecto en el que se esté trabajando o incluso la experiencia que ha tenido el trabajador en la empresa.

Los cuestionarios que se están utilizando en la actualidad [15] [16], por lo general evalúan la motivación individual y colectiva de forma separada, lo que se propone es tratarlos en una misma encuesta, con el fin de conocer el panorama completo en un solo paso.

Se ha preparado un formulario que puede ser utilizado a modo de referencia o bien, ser aplicado directamente al equipo de trabajo. Está compuesto de preguntas que han sido adaptadas a partir de diversos estudios, que al ser complementarios permiten conocer el estado de los trabajadores con respecto a su entorno y a su equipo de trabajo de manera sencilla y rápida.

El formulario y las preguntas pueden ser consultadas por el lector en la sección de anexos [*Anexo 4: Cuestionario de motivación del equipo de trabajo*], en la que se encuentra una planilla que contiene tanto el formulario como las instrucciones de aplicación de forma que sea sencillo de replicar y utilizar en cualquiera de las plataformas digitales que han sido recomendadas anteriormente.

En la sección de técnicas (9.2.2.2) se encuentra una tabla asociada a esta herramienta, la que permite valorizar y dar una interpretación a los resultados de la encuesta.

5.2.2. Análisis de datos

Los valores obtenidos por medio del cuestionario del presente indicador buscan reflejar los niveles de motivación y compromiso por parte del equipo para con el proyecto y el ambiente laboral en sí. Estas áreas resultan de gran importancia a la hora de realizar trabajos complejos o exigentes, ya que de estas depende el desempeño que podrían llegar a tener los miembros de un equipo de trabajo. Las herramientas online recomendadas en el presente documento, poseen una vista que facilita el análisis de los datos obtenidos en las encuestas.

5.2.2.1. Herramienta

Como se ha mencionado anteriormente en el presente documento, se proponen 3 herramientas principales para aplicar encuestas y analizar los datos recopilados, a saber:

- Survio [12]
- Google Formularios [13]
- Survey Monkey [14]

Es importante destacar que todas estas funcionalidades están disponibles para los planes gratuitos de estas plataformas.

5.2.2.2. Técnica

El cuestionario propuesto en el presente indicador ha sido diseñado para una sencilla interpretación, dado que el valor final fluctúa entre 10 y 100 lo cual representa el porcentaje de motivación y compromiso que posee el equipo de trabajo hacia el proyecto y el ambiente laboral asociado a este. Aun así, en la sección de anexos [*Anexo 5: Interpretación de resultados de KPI Motivación*], se presenta una tabla de valores que ayudará a los usuarios a comprender mejor los resultados obtenidos, con algunas acciones recomendadas para mejorar los aspectos analizados por este indicador. Cabe destacar que las sugerencias aquí presentes son opcionales y están sujetas a los cambios que el usuario estime conveniente para su equipo y ambiente laboral.

Los niveles motivacionales del equipo de trabajo se pueden clasificar en 5 secciones. Es recomendable que en los niveles motivacionales bajos se realice un mayor análisis de los cuestionarios respondidos por el equipo de trabajo, prestando principal atención en las respuestas que se obtienen (Considerar también que las preguntas 1 a 8 son de carácter positivo y su alto puntaje tiende a significar un alto nivel de satisfacción por parte de la persona que responde el cuestionario, mientras que las preguntas 9 y 10 son de carácter negativo y sus altos puntajes significan bajos niveles de apego al equipo de trabajo y el ambiente laboral).

Por último, es necesario tener en consideración algunas acciones que se pueden tomar para mejorar la motivación del equipo de trabajo, así como también aumentar los niveles de satisfacción con el ambiente laboral. A continuación, se presentan algunas opciones que se pueden considerar para mejorar dichos aspectos [15].

- Asignación de responsabilidades: Autores reconocidos como David McClelland proponen que las personas buscan aceptar nuevas responsabilidades para tener la oportunidad de demostrar sus capacidades.
- Retroalimentación: Una forma de aumentar los niveles de motivación es la retroalimentación, la cual permite mejorar los niveles de comunicación y dar a conocer las fortalezas y debilidades de cada uno de los trabajadores
- Riesgos moderados: Estudios muestran que los riesgos tienden a motivar a las personas trabajar más y mejor [15], es por esto que es recomendable permitir que miembros del equipo de trabajo asuman riesgos, pero siempre controlados por supervisores, mejorando así los niveles de motivación de estos trabajadores.
- Conexión con el equipo: Autores afirman que una forma de motivación puede ser una buena conexión con el equipo a nivel emocional [17], por lo que es recomendable mejorar la comunicación y el apego entre los miembros del equipo, así como también la empatía que permita entender mejor las situaciones en las que se encuentra el equipo de trabajo
- Capacitación: Sentir que se realizan bien las cosas y se tiene conocimiento del trabajo a realizar, es un factor que eleva los niveles motivacionales y es por esto que es recomendable fomentar las capacitaciones de los miembros del equipo de trabajo, así como también las oportunidades de aprendizaje que se puedan dar en el día a día [17].
- Metas Claras: Mantener un objetivo bien definido promueve un trabajo más claro y sin divagaciones, lo que se puede transformar en una mayor motivación a la hora de realizar una tarea, así como también tener un ambiente laboral más grato donde no se realicen trabajos innecesarios que no apunten a los objetivos ya definidos.
- Equidad y reconocimiento: Saber que el trabajo que se está realizando es equitativo entre los miembros del equipo, así como también los reconocimientos que estos puedan llevar permite a los trabajadores sentirse valorados, así como también saber que son necesarios para el éxito del proyecto.
- Percepción de habilidades: Una forma de elevar la motivación del equipo de trabajo es la realización de tareas que vayan acorde a las habilidades, gustos y preferencias de cada uno de los miembros pertenecientes a dicho equipo, es por esto que es recomendable prestar atención en las aptitudes de cada trabajador para así realizar una asignación de tareas lo más acertadas posibles.

5.2.3. Fases de aplicación

Un factor importante a considerar al momento de confeccionar y de aplicar el cuestionario es el tiempo que contempla el realizarlo. Esto es especialmente importante si se está en un entorno ágil en el cual el tiempo es un recurso más escaso y por ende el tomar

mucho en indicadores sería contraproducente. Por lo cual las preguntas deben ser limitadas y el formato debe permitir que el responder no sea tedioso o complejo.

Tomando estas consideraciones en cuenta y en base a las similitudes entre las metodologías tradicionales y ágiles se presentan las siguientes propuestas para aplicar las encuestas y evaluarlas:

- **Planificación:** En esta fase se propone preparar las preguntas e incluirlas en el cuestionario online. En el caso de utilizar una metodología ágil, debe tenerse en consideración el no utilizar demasiado tiempo en confeccionar la encuesta, ya que esta fase es más acotada en este tipo de metodologías. Por lo mismo se recomienda tener una encuesta predefinida y general que pueda ser utilizada fácilmente en cualquier proyecto. Un buen ejemplo es la encuesta sugerida en el presente documento.
- **Desarrollo/Iteración:** Se recomienda que la encuesta sea realizada periódicamente. Esto permite tener un seguimiento del estado del equipo y además ayuda a observar los cambios en un tiempo controlado. El intervalo de tiempo entre cada aplicación debería ser constante y el valor del mismo se determina de acuerdo al tiempo total de desarrollo del proyecto. De esta manera proyectos que contemplen una mayor duración de desarrollo aplicaran sus encuestas con intervalos más amplios que aquellos que manejan un tiempo más acotado. En el caso de trabajar con metodologías ágiles, la idea es aplicar las encuestas durante las reuniones de sprint y utilizando un breve periodo de tiempo. Posterior a la toma de la encuesta se debe efectuar el análisis de ésta. En general, las encuestas online como las que se han propuesto anteriormente poseen un dashboard con estadísticas de los resultados, lo que facilita su interpretación. Este análisis es importante realizarlo lo más pronto posible a la realización de la encuesta.
- **Finalización/verificación:** Si bien el KPI motivación se centra en su mayoría en monitorear el estado del equipo de trabajo durante el transcurso del proyecto, es importante comprender que al finalizar hay muchas lecciones que aprender. El ser capaces de aprender de los errores es un factor determinante en el éxito de futuros proyectos. Por lo tanto, es altamente recomendable analizar y comparar los resultados de las encuestas al terminar el proyecto. El mismo concepto se aplica para las iteraciones, al momento de verificar el estado de la iteración y finalizar, siempre es bueno analizar qué es lo que se ha hecho bien y que es lo que ha contribuido al desarrollo del equipo.

6. Aplicación y Validación de la propuesta

Con la presente propuesta se busca mantener un constante monitoreo y control en alguno de los aspectos más relevantes dentro del desarrollo de los proyectos TI (Recursos, alcance y motivación). Es por esto que se realizará una aplicación de la propuesta por medio de las herramientas de Google [13] debido a la fácil utilización de estas, y del gran alcance que tiene la plataforma actualmente [18], por lo que deberían existir menos complicaciones a la hora de utilizar dichos servicios por parte de los usuarios.

A su vez los indicadores aquí propuestos se utilizarán en dos ambientes diferentes, con lo cual se espera obtener los resultados suficientes para poder validar estos indicadores y de ser necesario, mejorar la propuesta en sí.

6.1. Selección de muestra

Con la finalidad de abarcar usuarios con experiencia y usuarios que están iniciando en la gestión de proyectos, se utilizarán los indicadores propuestos en dos ambientes diferentes:

- Grupo de estudiantes universitarios de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
- Laboratorio IOT - CCTVal (asociado a la Universidad Técnico Federico Santa María)

Esta muestra ha sido seleccionada en base a las características de los usuarios y la experiencia previa en gestión de proyectos. El grupo de 25 estudiantes de la PUCV los cuales aplicarán los indicadores por medio de grupos. Si bien corresponden a alumnos de último año de Ingeniería de Ejecución en Informática, estos en su mayoría no se han visto enfrentados a la gestión de proyectos fuera de los ambientes universitarios, lo que permitirá ver la utilización de los KPI por usuarios sin una mayor experiencia en la gestión de proyectos TI.

Por otro lado el grupo de Laboratorio IOT - CCTVal está compuesto por 11 desarrolladores y 2 Ingenieros a cargo del equipo de trabajo. Este equipo ha realizado 10 proyectos diferentes en el último año, los cuales corresponden a diferentes áreas (Salud, empresas, entidades gubernamentales, entre otros), por lo que permitirá contrastar la experiencia de ambos grupos, y el modo en que se utilizan las herramientas planteadas en la propuesta.

6.2. Interpretación de resultados

Para poder conocer y valorizar el impacto de los indicadores propuestos, se ha decidido comparar la situación del equipo de trabajo al utilizarlos de una manera cualitativa. Esto basados en la eficacia y sencillez de la aplicación del KPI. Algunos de los aspectos que se considerarán incluyen entre otros:

- Qué tan sencilla fue la aplicación del indicador.
- Relación costo/beneficio de aplicarlo (en términos de tiempo y/o dinero).
- Flexibilidad del indicador.
- Beneficios que se desprenden a raíz de la utilización del indicador

De esta manera se puede saber si la aplicación del indicador contribuyó en una mejora en el proceso de gestión del proyecto basados en la valoración por parte del usuario. Cabe recalcar que la información que entregan los indicadores sólo es útil en la medida en que el encargado de interpretarla haga uso de ella y las decisiones tomadas a raíz de esta información no son un indicador de la eficacia del KPI.

6.3. Resultados obtenidos

Luego de una aplicación durante un período constante (el cual varía según el grupo), se pudieron obtener los resultados que se muestran a continuación en modo de resumen:

- Participación

Tabla 7 Resultados de participación

Grupos de aplicación	Participación de encuestas Motivación durante el período de aplicación (%)	Período de aplicación
Grupo estudiantes PUCV	66,64	7 Semanas
Grupo Laboratorio IOT - CCTVal	72,83	12 Semanas

- Percepción de la experiencia por parte de los equipos a los cuales se les aplicaron los KPI

Tabla 8 Percepción de los equipos de aplicación

Grupos de aplicación	Resumen de percepción
Grupo estudiantes PUCV	Facilidad al aplicar: En el caso del indicador Valor por requerimiento, los alumnos tuvieron dificultades al llenar inicialmente las tablas, no obstante, quienes tuvieron mayores problemas fueron aquellos que no asistieron a la explicación del modo de trabajo, quienes sí asistieron las utilizaron correctamente. Con respecto al indicador de motivación, este resultó ser sencillo de entender por parte de los equipos de trabajo. Cabe destacar que este grupo de estudiantes tenían escasa noción en términos de gestión de proyectos, por lo que no estaban muy familiarizados con KPI's y otros aspectos de la administración de proyectos. Relación costo/beneficio: Como los jefes de grupo son compañeros de curso con el equipo de trabajo, y como dentro del ambiente estudiantil no existe un régimen de trabajo

	constante como el de una jornada laboral real, el beneficio del indicador Valor por requerimiento no es tan grande debido a lo difícil que es planificar y medir el avance. La motivación es más transversal, por lo que los resultados obtenidos semanalmente pueden describir el estado del equipo, pero al igual que sucede con el valor por requerimiento, al no existir una jornada establecida, el estado de cada semana puede no variar ya que no se realizó trabajo. Flexibilidad de los indicadores: Para los jefes de proyecto tanto el KPI valor por requerimiento como el de motivación no fueron muy flexibles, esto debido a que no necesitaron modificarlos para adaptarlos a alguna necesidad específica de su equipo. Beneficios de los indicadores: Si bien el rol de jefe de grupo no es tan estricto en temas administrativos como lo es el de jefe de proyecto en el mercado laboral, el indicador sirvió para saber cómo estuvo el avance del proyecto en términos de fechas. En el ámbito de los recursos, solo el tiempo fue medible para este grupo de estudiantes, por lo que el mayor beneficio estuvo justamente en este aspecto.
Grupo Laboratorio IOT - CCTVal	Facilidad al aplicar: Por parte del indicador “Valor por requerimiento” el grupo de aplicación expresó que el llenado inicial de las tablas puede resultar un poco tedioso, pero el trabajo posterior no presentaba una mayor dificultad. Para el caso del indicador de Motivación, la plataforma elegida resultó ser amigable para los usuarios y de muy rápido acceso, sin presentar ninguna complicación al aplicar el indicador. Relación costo/beneficio: Para los jefes de proyecto la relación costo beneficio era bastante buena, ya que si bien en el caso del indicador “Valor por requerimiento” es necesario un mayor trabajo inicial, el orden y la información relevante que les proveían ambos indicadores, les permitía realizar una mejor toma de decisiones con respecto al proyecto, reduciendo costos de recalendarización, malos entendidos en las asignaciones, entre otras cosas. Flexibilidad de los indicadores: Los indicadores mostraron ser flexibles para los usuarios que los utilizaban (en este caso los jefes de proyecto) ya que en el caso del “Valor por requerimiento” fue posible agregar columnas relevantes a las

	tablas de requerimiento (Ej. Responsable del requerimiento) siendo un valor agregado para ellos, mientras que el indicador de Motivación se tiene la posibilidad de cambiar una pregunta por otra que pareciera más relevante o más directa para los jefes de proyecto, si bien no se realizó ningún cambio al cuestionario, siempre se tuvo la consciencia de que esto era posible. Beneficios de los indicadores: Tanto los jefes de proyecto como los desarrolladores que se vieron involucrados en la aplicación de los indicadores pudieron notar una mejora en el orden del trabajo, un mayor entendimiento entre los jefes y los trabajadores, plazos y metas claras, así como también un mayor número de instancias para dialogar en caso de que los resultados de las preguntas de Motivación se escaparan de los rangos usualmente obtenidos.
--	--

- Percepción de la experiencia por parte del equipo de investigación

Tabla 9 Percepción por parte del equipo de investigación

Grupos de aplicación	Resumen de percepción
Grupo estudiantes PUCV	Si bien los estudiantes en general no mostraron un gran interés con la aplicación de estos indicadores, hubieron algunos grupos que se mostraron comprometidos con el entendimiento de las herramientas y la buena utilización de estas. Esto ayuda a contrastar la diferencia entre un usuario con experiencia en la gestión de proyectos dentro del ámbito laboral y la gestión de proyectos en ambientes un poco más controlados como es el caso de la universidad. Aun así, a pesar de la poca madurez del grupo, se pudo obtener resultados por parte de los que participaron en la aplicación de los indicadores, así como también se pudo ver reflejado en los resultados finales de sus trabajo que el uso de estos KPI les otorgó una ayuda extra a la hora de llevar el proyecto que estaban realizando.
Grupo Laboratorio IOT - CCTVal	El equipo mostró un compromiso constante con la aplicación de los indicadores propuestos. Una vez se comenzaron a aplicar ellos manifestaron el cambio y siempre

	hubo un buen grado de cooperación y disposición a retroalimentar la experiencia. Los plazos propuestos y utilizados en el indicador “Valor por Requerimiento” se cumplieron y manifestaron que en gran medida fue gracias al orden y las estimaciones que este KPI les dió. Por su parte la participación en los cuestionarios semanales fue bastante alta, mostrando así un gran compromiso y madurez con respecto al tema, lo que facilitó la obtención de resultados utilizables para el equipo de trabajo, aportando un verdadero valor al uso de estos indicadores.
--	--

Para consultar los valores obtenidos en la aplicación de los indicadores propuestos, se preparó un resumen que contiene los promedios semanales de las encuestas de motivación para cada grupo de estudio junto a sus gráficos correspondientes. Estos podrán encontrarse en la sección de anexos de este documento [*Anexo 6 Resumen de los resultados obtenidos*].

6.4. Observaciones y mejoras de la propuesta

Con la aplicación de la encuesta en dos ambientes diferentes se pudo observar desde diversas perspectivas la apreciación de la herramienta y el impacto que ésta tuvo en el equipo de trabajo. Además se obtuvo una retroalimentación que permitió conocer aquellos aspectos que necesitan ser pulidos y cómo mejorarlos.

6.4.1. Valor por Requerimiento

Durante el período de aplicación de la propuesta se logró observar ciertos aspectos del KPI Valor por requerimiento que se muestran a continuación:

- La tabla principal del indicador puede contener información adicional para facilitar el uso de esta. Algunas de las columnas adicionales pueden ser las fechas de levantamiento de los requerimientos, responsables de los requerimientos, descriptores de estado (“Requerimiento en Análisis”, “Requerimiento en Desarrollo”, etc.).
- El indicador solamente considera un desarrollo lineal de los requerimientos, por lo que la valoración de tiempo asociada a los requerimientos es considerando el desarrollo de un requerimiento a la vez. Para suplir este “problema” en caso de que se desarrollen requerimientos en paralelo, se recomienda dividir el proyecto en más de una tabla (Ej. Una tabla para los requerimientos o tareas de análisis, una para los requerimientos de diseño, etc.).

6.4.2. Motivación

Luego del período de aplicación se logró obtener un conjunto de aspectos en los cuales se podría mejorar la utilización del indicador, así como también la información que este puede otorgar. A continuación se presentan los aspectos a mejorar detectados para este indicador:

- La encuesta se puede volver monótona y por lo tanto poco representativa. Para mejorar este aspecto, quien emplee la encuesta puede agregar preguntas en la medida que se necesite o variar el intervalo en el que se aplica por uno mayor.
- Es necesario que exista cierto nivel de compromiso o supervisión para responder las encuestas de forma periódica y responsable, por lo que para que se lleven a cabo de manera madura, el jefe de proyecto deberá recordar al equipo la importancia del indicador o incluso entregar incentivos a quien lo aplique.
- El uso de la media aritmética para calcular los resultados de las encuestas puede acarrear errores debido a que éste indicador es susceptible a los datos extremos o aislados (Por ejemplo, si hay solo respuestas 1 en una encuesta, el resultado global cambiará mucho). Para solucionar esto, se propone utilizar un estadístico más robusto como la media aritmética recortada o analizar la desviación estándar de los datos para aislar aquellos que sean disonantes.

6.5. Consideraciones

Los KPI son herramientas que facilitan las cosas a la hora de medir algún área en específica del proyecto, es por esto mismo que se deben tener consideraciones a la hora de su uso. Los indicadores propuestos en este documento no son una excepción, siendo estas las consideraciones más destacables:

- Los resultados se pueden ver afectados debido al uso inadecuado o al no-uso del mismo, ya que si (por ejemplo) no se actualizan constantemente las tablas del KPI “Valor por Requerimiento” o los miembros del equipo no contestan las preguntas del indicador de Motivación, los resultados finales no serán representativos y no otorgarán un mayor aporte al usuario.
- El indicador “Valor por Requerimiento” requiere de un esfuerzo mayor durante las primeras etapas del proyecto, ya que es cuando se deben llenar las diferentes tablas del KPI.
- Los intervalos para la aplicación del indicador de Motivación deben considerar el tiempo que se dispone para realizar una mejora (Por ejemplo, no se puede esperar una mejora significativa si se evalúan todos los días los índices de motivación).
- En ambientes demasiado estáticos, el KPI de Motivación puede resultar un tanto repetitivo, debido a la poca variabilidad del equipo, el ambiente o las metodologías que se utilicen durante el proceso de desarrollo.
- Las preguntas y resultados del indicador de Motivación están enfocadas a la motivación del equipo referente al proyecto y el ambiente laboral asociado a este,

no considera motivaciones externas o personales de cada uno de los miembros del equipo.

- Para el indicador de motivación, si los encuestados responden de forma irresponsable esto afectará el indicador grupal.
- El indicador de motivación solo es eficaz si se toman acciones de forma oportuna.
- Debido a que la encuesta de motivación es genérica y breve esta no supe aspectos de comunicación necesarios entre los jefes de proyectos y los trabajadores.

7. Conclusiones

Existen variadas metodologías de desarrollo, las cuales abordan diversos aspectos de un proyecto y enmarcan los esfuerzos en diferentes enfoques. Dependiendo de la metodología a utilizar, algunos elementos se tornan más relevantes que otros. Pero a pesar de estas diferencias, se han detectado aspectos que son transversales al tipo y clasificación de una metodología. Así, se pudieron reconocer procesos comunes o similares entre ellas (ya sea en metodologías convencionales como en metodologías ágiles).

Esto permite la generación de técnicas y herramientas para la aplicación de KPI de monitoreo y control para la gran mayoría de las metodologías de desarrollo.

Los indicadores claves de rendimiento (KPI) son recursos que permiten el monitoreo y control de un proyecto. Es por esto que escoger adecuadamente qué indicador aplicar en base a las necesidades del proyecto se torna cada vez más relevante. En consecuencia, el conocer qué aspectos del proyecto son más importantes permite realizar la mejor elección a la hora de escoger entre un indicador u otro. Se han detectado aquellos aspectos más relevantes en un proyecto y los hemos llamado “aspectos de medición” de un proyecto. El medir y controlarlos es crucial para conocer el estado actual, realizar proyecciones y tomar decisiones a futuro.

Se han propuesto dos KPI (Valor por requerimiento y Motivación) como un método para medir aspectos que son difíciles de abordar por medio de indicadores semejantes. Considerando a su vez, el cambio de paradigma entre las metodologías tradicionales y las ágiles, se busca por medio de estos indicadores otorgar un instrumento transversal, integrando cualidades de ambos tipos de metodologías.

Con la finalidad de conocer las virtudes y falencias de los indicadores propuestos, se realizó un período de aplicación en donde dos grupos utilizaron los indicadores durante un determinado período de tiempo, lo que permitió ver las diferencias entre los equipos a la hora de utilizar las herramientas propuestas y el valor adicional que les pueden aportar estos indicadores.

Si bien ambas herramientas no son perfectas, ya que tienen falencias menores como la monotonía del cuestionario de Motivación o la dificultad del llenado inicial en las tablas del indicador “Valor por requerimiento”, esto no logra opacar los beneficios que estos KPI

otorgan a los usuarios encargados de realizar la gestión del proyecto, esto gracias a las fortalezas y cualidades de los indicadores propuestos.

Entre las fortalezas de la propuesta destacan la flexibilidad y grado de personalización, tanto de las tablas del valor por requerimiento como de las preguntas de la encuesta de motivación. Esto permite agregar valor a los indicadores y agregar aspectos específicos de acuerdo a la realidad y necesidad del equipo.

Otra fortaleza es la facilidad de aplicación. Si bien el llenado inicial de las tablas no es sencillo, el seguimiento y la extracción de la información es sencillo y claro. En el caso de las encuestas de motivación, la creación y modificación es sencilla y la aplicación no toma una gran cantidad de tiempo, por lo que realizada de manera correcta es una herramienta rápida y eficaz.

La relación costo/beneficio es también un aspecto favorable en la propuesta. La información que los indicadores entregan en comparación con el tiempo invertido para realizarlos es considerablemente mayor.

Al aplicar los indicadores y analizar los resultados, junto con el feedback recibido, se han encontrado varios beneficios que surgen a raíz de aplicar los indicadores propuestos.

En su mayoría se presentó un mayor orden y una mejor comunicación entre los equipos de trabajo, siendo aquellos que fueron constantes en el uso de las herramientas los que mostraron un mayor desempeño y una mejor forma de llevar el proyecto (Según las propias apreciaciones de los equipos de trabajo y jefes de proyecto).

Es importante destacar que la propuesta corresponde a un conjunto de técnicas y herramientas orientadas a la gestión de los proyectos TI, y como tal deben ser utilizadas correctamente para poder obtener los beneficios y la información necesaria para su posterior análisis o apoyo a la toma de decisiones.

Teniendo en cuenta toda esta información obtenida durante el período de aplicación, se puede concluir que las herramientas son considerablemente útiles y generan a los jefes de proyecto un beneficio destacable a la hora de poder captar información que no siempre es considerada, como es el caso del indicador de Motivación y un apoyo esencial de los aspectos más relevantes de la gestión del proyecto como es el caso del indicador Valor por requerimiento.

8. Referencias

[1] Project Management Institute (2014), *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)* . 5th ed. pp.55-56.

[2] Hildenbrand, T., Geisser, M., Kude, T., Bruch, D. and Acker, T. (2008). *Agile Methodologies for Distributed Collaborative Development of Enterprise Applications*. 2008 International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems.

[3] John Wiley & Sons (2007), *"Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs"* (3ra edición).

[4] Harold Kerzner Ph.D (2013), *"PROJECT MANAGEMENT METRICS, KPIs, AND DASHBOARDS A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance"*

[5] *SELECTING A DEVELOPMENT APPROACH*. Revalidated: March 27, 2008. Consultado el 25 de marzo de 2018 pp.1-10.

[6] Pressman R. (2010) *"Ingeniería del software"*. México: McGraw-Hill.

[7] Harold Kerzner Ph.D (2013), *Core Project Health Metrics, "PROJECT MANAGEMENT METRICS, KPIs, AND DASHBOARDS A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance"*.

[8] Eric Christoph (2015), *"El uso de Story Points para generar métricas VG"*.

[9] Mike Cohn (2007), *Estimating With Use Case Points*.

[10] Jan Terje Karlsen - Petter Gottschalk (2002), *"Management Roles for Successful IT Projects"*.

[11] Maslow, A. (2017), *A Theory of Human Motivation*. Lanham: Dancing Unicorn Books.

[12] www.survio.com, a. (2018). *Encuestas online | Crear encuesta online gratis | Survio.com*. [online] Survio. Available at: <https://www.survio.com/es/> [Accessed 13 Jun. 2018].

[13] [Docs.google.com](https://docs.google.com/forms/). (2018). *Google Forms - create and analyze surveys, for free*. [online] Available at: <https://docs.google.com/forms/> [Accessed 13 Jun. 2018].

[14] [Es.surveymonkey.com](https://es.surveymonkey.com). (2018). *SurveyMonkey: la herramienta más popular del mundo en encuestas gratuitas online*. [online] Available at: <https://es.surveymonkey.com/> [Accessed 13 Jun. 2018].

[15] Stephen P. Robbins (2009), *"Comportamiento organizacional 13ra edición"*.

[16] Mónica Ivette Sum Mazariegos (2015), "MOTIVACIÓN Y DESEMPEÑO LABORAL".

[17] John Maxwell (1998), "Las 21 Leyes Irrefutables del Liderazgo".

[18] Gmail Is Very Popular But Google Still Won't Fix A Security Vulnerability. (2017). [online] Available at: <https://seekingalpha.com/article/4088241-gmail-popular-google-still-fix-security-vulnerability> [Accessed 03 Sep. 2018].

[19] Ian Sommerville (2009); "Ingeniería del Software", 7ma. Edición.

[20] Pekka Abrahamsson, Outi Salo, Jussi Ronkainen, Juhani Warsta (2002), "Agile Software Development Methods: Review and Analysis".

[21] Powell A. (2010), "Rapid application development: What is it and how to used it?".

Anexos

Anexo 1: Metodologías tradicionales

1.1 Modelo Cascada

Este modelo de desarrollo es una de las más conocidas y debe su nombre a la forma en la cual se desarrollan las etapas que lo componen [19], las etapas que componen este modelo:

- Análisis y definición de requerimientos
- Diseño del sistema y del software
- Implementación y prueba de unidades
- Integración y prueba del sistema
- Funcionamiento y mantenimiento

Una de las características principales de este modelo de desarrollo es que posee una amplia documentación y las fases son realizadas de manera secuencial, y no se puede avanzar a la siguiente fase si la anterior no fue previamente finalizada y validada.

1.2 Modelo Prototipado

Modelo que se caracteriza por generar prototipos del producto final, utilizando pocos recursos y en un tiempo de desarrollo acotado. Esto se logra centrando la atención en aquellos aspectos del software que son más visibles para el usuario final.

El prototipo generado es presentado y evaluado por el cliente, el cual provee una retroalimentación, para luego refinar el producto final. El objetivo de esta interacción es lograr que el entregable se ajuste a las necesidades del cliente. Gracias a estas reuniones entre el desarrollador y el cliente se puede lograr una mayor comprensión de las necesidades del sistema además de mostrar un avance tangible al cliente.

Las etapas generales de este modelo son las siguientes:

- Planificación y modelado
- Construcción de prototipo
- Desarrollo, entrega y retroalimentación
- Comunicación

1.3 Modelo Espiral

Centrada en la continua evaluación del producto y en la reducción del riesgo, utiliza una técnica de división del proyecto en segmentos más pequeños y manejables, lo que permite una mejor habilidad para afrontar cambios durante el desarrollo. Además, permite una continua evaluación de los riesgos dando así la oportunidad temprana de evaluar la factibilidad de la continuación del proyecto.

El espiral posee cuatro fases principales sobre las que se va iterando, a saber:

- Determinar objetivos, alternativas e hitos finales de cada iteración.
- Evaluación de alternativas, identificar y resolver riesgos.
- Desarrollar y verificar resultados de la iteración.
- Planificación de la próxima iteración.

Anexo 2: Metodologías ágiles

2.1 Scrum

Scrum es un modelo de desarrollo ágil en el que se realizan entregas parciales y regulares del producto final, las cuales son priorizadas por el beneficio que recibe cliente. Scrum es utilizado en proyectos en los que el entorno no es constante y es necesario la flexibilidad tanto del equipo de desarrollo como del equipo que gestiona el mismo [20].

Las bases de esta metodología son la comunicación y la flexibilidad, ya que cuenta con reuniones diarias del equipo de trabajo, y una constante interacción con el cliente. La primera fase de este modelo es la creación de un “Backlog List” en el cual se detallan los requerimientos que se conocen hasta la fecha, y es en base a este “Backlog List” que se comienza a desarrollar el producto, por medio de reuniones constantes del equipo de desarrollo (diariamente) y una gran comunicación con el cliente (reuniones semanales). En esta fase se monitorea constantemente los requerimientos y se adapta el producto en base a los posibles cambios que estos sufran.

Por último, se termina la iteración con la integración de las nuevas funcionalidades al producto, así como también con la documentación de los pendientes que surgieron para la siguiente iteración, en caso de que aún queden requerimientos sin cumplir.

2.2 Extreme Programming (XP)

Extreme programming es un modelo de desarrollo ágil en el cual se desarrollan 5 fases principales:

- Etapa de exploración
- Etapa de planificación
- Etapa de iteraciones
- Etapa de producción
- Etapa de finalización

Esta metodología basa sus acciones en el cumplimiento de las historias de usuario, las cuales son definidas en la primera etapa, y luego de una planificación de no más de dos días, se comienzan las iteraciones de desarrollo, en las cuales se busca completar las historias definidas por el cliente desarrollándolas en pequeñas iteraciones de un par de días. Posteriormente se comienza la etapa de producción, en donde se documentan las ideas o sugerencias para la siguiente iteración. La finalización de cada iteración está dada por la etapa de igual nombre en la cual se ha completado el desarrollo de todas las historias de

usuario y es aquí cuando comienza la fase de documentación final del sistema, basándose en la arquitectura y estructuración del resultado final [20].

2.3 Rapid Application Development (RAD)

Rapid application development es una metodología busca disminuir la planeación. Rapid Application Development se enfoca en realizar prototipos y una gran participación del cliente. Al utilizar la metodología rapid application development los diseñadores y los desarrolladores buscan las opiniones de los usuarios del sistema, y en base a estas van moldeando la arquitectura y el diseño del producto con el mejor direccionamiento posible (lo más cercano a lo que el cliente desea). La metodología rapid application development tiene características diferentes a las otras metodologías, debido a la inferencia que tiene el usuario en la etapa del desarrollo, pero aun así mantiene algo en común: desarrollo de prototipos [21].

Las principales etapas de esta metodología son:

- Requisitos de planificación.
- Diseño del usuario.
- Construcción rápida.
- Transición.

En la metodología RAD se comienza con reuniones entre desarrolladores, diseñadores y usuarios que buscan definir los requerimientos que deberán cumplir los prototipos. Posteriormente se comienza la construcción y los ajustes de diseño que sean requeridos por el usuario, forjando así en conjunto el lineamiento que tendrá el prototipo; todo esto complementado con las pruebas necesarias para cada una de las funcionalidades que incluirá el prototipo. Por último está la etapa de Transición, en la cual se migran los sistemas a los ambientes que correspondan (si es necesario) y se identifican las características que pueden ser agregadas en el siguiente prototipo y que no estaban ya definidas anteriormente.

Anexo 3: Tabla Resumen de KPI's

Nombre	Fórmula	Descripción	Dimensión	Herramientas	Técnicas
Estimación por procesos	Tiempo total/Tiempo de un proceso	De forma sencilla, estima la cantidad de procesos similares que se pueden realizar en el tiempo que dura el proceso de implementación. Tiende a añadir una holgura debido a que las subsiguientes implementaciones de procesos tienden a ser más rápidas debido a la experiencia y reutilización. El tiempo total debe estar bien definido. Especialmente susceptible a cambios si es que se producen rotaciones en el equipo de trabajo	Tiempo	Fórmula especificada	Estimación inicial de tiempo por medio de juicio experto, experiencias anteriores, mutuo acuerdo entre los stakeholders del proyecto.
Calidad del producto	Entregables aprobados en primera instancia por QA/Total de entregables enviados a QA *100	Ayuda a conocer el nivel de calidad de los entregables generados, así, si este indicador es bajo, es muy probable que se deba considerar el tiempo en ajustar los entregables devueltos por QA. Una de las desventajas es que requiere de un estricto control y comunicación con QA.	Calidad	Métricas de calidad estipuladas por políticas de la empresa, fórmula especificada	Es necesario mantener una comunicación con el cliente para saber qué es lo que se espera para así mantener un concepto claro de lo que se aceptará como un producto de “Calidad”
Número de horas sin personal	Nro. de Horas sin personal/Total de Horas de trabajo	Provee del número de horas en las que un miembro del equipo no está disponible para trabajar, lo que puede conllevar a un bajo desempeño a como equipo. Un problema de esto es que puede requerir mantener un monitoreo constante lo que implica un esfuerzo adicional.	Recursos, Tiempo	Fórmula especificada, herramientas de control de asistencia (Biométricas o libros de asistencia)	Mantener un registro de las salidas y entradas de un trabajador.

Número de Hitos faltantes	-	Permite conocer la percepción de avance del cliente, así como también mantener un conocimiento de lo que se espera para un futuro y lo que ya se debería tener.	Acciones	-	Mantener la comunicación con el cliente, así como también establecer de manera clara los hitos relevantes dentro del ciclo de vida del proyecto.
Horas de soporte gerencial	Horas de soporte gerencial/Horas de trabajo total	Una parte importante de los labores de un gerente es el soporte a los empleados a cargo, donde se asignan tareas y responsabilidades, así como también se realizan los monitoreos y controles del trabajo mismo. Este indicador permite conocer en función del trabajo total, cuánto porcentaje del trabajo corresponde a horas de soporte gerencial	Recursos, Tiempo	Fórmula especificada	Es necesario mantener un conocimiento de las horas que se utilizan diariamente para soporte gerencial, por lo que al final del día deben registrarse para su posterior análisis
Paquetes de trabajo aceptados	Paquetes de trabajo aceptado/paquetes de trabajo totales	Este indicador permite mantener un conocimiento del estado de avance del proyecto, así como también si el uso de los recursos en base a lo que se ha entregado al cliente	Acciones, Calidad	Fórmula especificada, documentos de aceptación de paquetes de trabajo	Es necesario tener estos valores actualizados para poder realizar un monitoreo verídico y fidedigno.
Número de cambios en el alcance	-	Mantener un conocimiento del número de cambios puede proveer información acerca del análisis inicial del alcance, así como también de las variaciones que el cliente pueda realizar	Alcance, Acciones	Documentos de control de cambio	Mantener actualizados los documentos de control de cambio, así como también realizar reuniones con el cliente donde se lleguen a acuerdos entre las partes.
Cambios en el perfil de riesgo	-	Este indicador mantiene al usuario al tanto acerca de cómo fluctúan los riesgos del proyecto, así como también ayuda a dimensionar si el ambiente del proyecto resulta estable o no respecto al riesgo que este representa.	Alcance	Documentos de control de cambio e identificación de los riesgos del proyecto	Reuniones con el equipo de trabajo y el cliente permiten vislumbrar riesgos que antes se pudieron omitir, así como también nuevos riesgos que puedan surgir.
Número de supuestos que han	-	Conocer los supuestos que se establecen para un proyecto permite saber el	Alcance, Acciones	Documentos de control de cambio	Reuniones con el equipo de trabajo y el cliente que permiten vislumbrar

cambiado		ambiente en el que se está trabajando, así como también tomar medidas en caso de que estos cambien demasiado y sea necesario un replanteamiento del modo de trabajo.			supuestos que antes se pudieron omitir, así como también nuevos aspectos relevantes que puedan surgir.
Lealtad del cliente	Número de veces que el cliente ha preferido trabajar con el equipo/Todos los proyectos que ha realizado el cliente en esa área	Este indicador permite conocer las experiencias previas con un cliente, así como también avalar futuras propuestas por medio de la experiencia previa de un cliente con el equipo de trabajo. Una desventaja puede ser el desconocimiento del total de proyectos del área realizados por el cliente, pero el número de veces que se ha concretado un proyecto puede seguir siendo un dato relevante por sí solo	Calidad	Historial de proyectos realizados, separados por clientes	-
Rotación de personal clave (Número o Porcentaje)	Cantidad de personal clave que rota/Personal clave total	El conocer el nivel de rotación del personal es importante porque puede revelar problemas en el ambiente del equipo de trabajo y en la empresa. Este factor es crítico si el personal que estamos midiendo es clave para la empresa. Una persona se considera clave cuando por ejemplo, tiene un dominio importante del proyecto que se está trabajando o si no hay un sustituto idóneo entre el personal actual.	Recursos	Lista de funcionarios, Portales Personas de la empresa.	Mantener un acta de RRHH actualizada que incluya las rotaciones y nuevas contrataciones, esta simple medida ayuda a ver cuánto cambia el equipo de trabajo a lo largo del tiempo.
Porcentaje de horas laborales extra	Horas laborales extra*100/Horas laborales	Permite conocer el porcentaje de horas extra trabajadas. El manejar este indicador permite medir el trabajo extra que ha sido necesario para mantener fechas y plazos, además en términos administrativos es una herramienta que ayuda a mantener los límites	Recursos Costos Tiempo	Fórmula especificada, Control de entrada y registro de horas extra. Actas de asistencia y control de horarios.	Mantener documentos actualizados. Aunque los elementos para controlar este KPI existen en casi todas las empresas, escasamente se trabajan a conciencia, pues el simple hecho de mantenerlos activos y correctamente utilizados permiten tener

		establecidos de horas extraordinarias por parte de entidades reguladoras.			retroalimentación diaria de las horas laborales trabajadas.
SV (Variación del Cronograma)	EV-PV (Valor ganado - Valor Planificado)	Representa la variación del cronograma	Tiempo Costos	Fórmula especificada, Línea base del proyecto	Monitoreo periódico de las actividades realizada, esto se logra utilizando herramientas que permitan un seguimiento del avance del proyecto, contrastando la línea base con las tareas que efectivamente se han realizado.
CV (Variación de los costos)	EV-AC (Valor ganado - Costo Actual)	Representa la variación de los costos de un proyecto	Costos	Fórmula especificada, Control de costos del proyecto	Mantener una lista de costos del proyecto actualizada. Monitoreo periódico de las actividades realizada.
SPI (Desempeño del cronograma)	EV/PV (Valor ganado/Valor planificado)	Número decimal que representa el progreso de las tareas realizadas basado en las planificadas a la fecha	Tiempo Recursos	Fórmula especificada, Carta Gantt, Lista de entregables e hitos, Línea base del proyecto	Mantener una lista de hitos realizados vs hitos planificados actualizada, monitoreando periódicamente las actividades realizadas.
CPI (Desempeño del presupuesto)	EV/AC (Valor ganado/Costo actual)	Número decimal que representa lo que se ha avanzado versus los recursos utilizados para lograrlo, un número menor a 1 representa que se a avanzado menos de lo que se debería en función de los costos. Un número mayor a 1 significa que con un presupuesto determinado se han realizado más cosas de las planificadas.	Costos Recursos	Fórmula especificada, Documentos de control de costos, Carta Gantt, Control de avances (como lista de hitos completados o entregables).	Mantener una lista de hitos realizados vs hitos planificados actualizada Mantener lista de control de costos al día. Monitoreo periódico de las actividades realizadas

Anexo 4: Cuestionario de motivación del equipo de trabajo

El siguiente cuestionario consta de diez preguntas que buscan recabar información para conocer el estado de cada integrante del equipo de trabajo desde el punto de vista de la motivación.

Para completarlo usted debe entregar un valor en la columna “Evaluación” con números entre el 1 (totalmente en desacuerdo) al 10 (totalmente de acuerdo).

Ítem	Evaluación
1- Me siento involucrado con lo que sucede en mi equipo	
2- Creo que significaría una diferencia para el equipo el que yo no estuviera en él	
3- A pesar de las diferencias individuales, existe un sentimiento de unidad en mi equipo	
4- En comparación con otros equipos de trabajo que conozco, siento que mi equipo es mejor que la mayoría	
5- Realizo mis actividades laborales correctamente dentro de mi puesto de trabajo	
6- Mi jefe me felicita cuando realizo correctamente mi trabajo	
7- Mi jefe inmediato me motiva para mejorar mi desempeño	
8- La motivación que me brinda la empresa favorece mi desempeño laboral	
9- Si fuera probable cambiarme a otro equipo en este momento, lo haría	
10- No me sentiría mal si no pudiera asistir a una reunión de mi equipo	
Total	

Instrucciones de evaluación:

- Sume sus calificaciones para las preguntas 1-8.
- Obtenga una calificación corregida realizando la operación 11 menos la calificación de cada una de las preguntas 9 y 10, por ejemplo, si en la pregunta 9 su puntaje fue 3, su puntaje corregido será de $(11-3)$.
- Sume las calificaciones corregidas al total del resto de las preguntas.

Anexo 5: Interpretación de resultados de KPI Motivación

Para conocer el estado motivacional del equipo, se han preparado dos herramientas, la primera es una tabla que segmenta los resultados en 4 secciones las cuales corresponden al nivel de motivación del equipo. Los rangos corresponden a los puntajes obtenidos a partir de la aplicación de la encuesta. Luego de cada rango de puntaje se presenta una interpretación general del estado del grupo de trabajo.

Rango de valores obtenidos	Interpretación
10 - 20	El equipo de trabajo está pasando por problemas serios de motivación tanto personal como colectiva, es probable que existan problemas de autoestima entre los trabajadores y una mala relación sus los superiores.
21 - 40	Una gran parte del equipo de trabajo no se siente cómodo en el proyecto ni el ambiente laboral, por lo que el realizar acciones que permitan la cohesión de los integrantes es de vital importancia para mejorar su rendimiento.
41 - 60	Si bien el equipo de trabajo está en un punto medio en temas de motivación, esto sólo significa que aún hay mucho por mejorar. La identidad como equipo de trabajo, y las relaciones interpersonales pueden fortalecerse aumentando así la productividad y el compromiso.
61 - 80	Los integrantes de equipo de trabajo están comprometidos con el proyecto y se sienten conformes con el desempeño tanto personal como colectivo. Se recomienda analizar los resultados de la encuesta para cada pregunta para identificar aquel factor que necesita ser pulido a fin de lograr un nivel mayor de motivación.
81 - 100	La motivación del equipo de trabajo se encuentra en niveles altos, los trabajadores presentan un alto nivel de compromiso con el proyecto y a su vez se sienten motivados por sus jefes o superiores a mejorar su desempeño. También es probable que el equipo presente un alto rendimiento, por lo que se recomienda mantener los niveles motivacionales.

La segunda herramienta es una tabla resumen con todas las preguntas de la encuesta y su repercusión en cada uno de los aspectos de un proyecto. Esto debido a que las preguntas de la encuesta de motivación están ligadas a más de un aspecto de medición de un proyecto. Sabiendo esto, se pueden organizar cada una a manera de resumen mostrando así, la relación existente entre cada pregunta y los aspectos de medición que están considerando.

En la siguiente tabla, se presenta un detalle con todas las preguntas de la encuesta estándar, junto con dos secciones principales las cuales representan los puntajes bajos y altos para cada pregunta.

Así, si en la pregunta 1 el equipo encuestado obtuvo un promedio de 8, los aspectos que están siendo potenciados por la motivación serán tiempo, calidad, recursos y acciones. Si, en cambio en esa misma pregunta el equipo tuvo un puntaje menor a 5, los aspectos del proyecto como el tiempo, calidad, recursos y acciones están siendo perjudicados por la baja motivación del equipo.

	Valores Altos (Promedio $\geq$ 5)						Valores Bajos (Promedio $<$ 5)					
	Costo	Tiempo	Alcance	Calidad	Recursos	Acciones	Costo	Tiempo	Alcance	Calidad	Recursos	Acciones
Pregunta 1		+		+	+	+		-		-	-	-
Pregunta 2				+	+		-	-			-	-
Pregunta 3		+		+	+	+		-	-	-	-	-
Pregunta 4		+		+	+	+		-		-	-	-
Pregunta 5		+		+				-		-		-
Pregunta 6		+		+	+	+				-	-	
Pregunta 7		+		+	+			-			-	-
Pregunta 8	+			+	+			-		-		-
Pregunta 9					+		-	-		-	-	-
Pregunta 10			+	+	+			-				-

Para apoyar y hacer más significativa la información que se presenta en la tabla anterior, se ha preparado un resumen de algunos de los efectos en el proyecto que se desprenden de la motivación del equipo de trabajo. Se han organizado de tal manera que se puedan observar de forma genérica aquellos aspectos afectados en caso que la motivación sea alta o baja.

Cuando el puntaje de la pregunta es ≥ 5 (simbolizado con un + en la tabla) las dimensiones pueden interpretarse de la siguiente manera:

- **Costo:** El desempeño del equipo de trabajo influye directamente al presupuesto del proyecto. Es por esto que un grupo motivado puede generar un impacto positivo en los costos al terminar los trabajos a tiempo o antes de lo previsto o aprovechar mejor las horas de trabajo completando más rápido en las tareas programadas. Otro impacto es el de la calidad. Desde el punto de vista de los costos, un trabajo bien hecho requiere menos tiempo en evaluación QA además de menos horas invertidas en correcciones por desperfectos.
- **Tiempo:** Un trabajador que se siente participe y tomado en cuenta es más proclive a ser proactivo y a aportar con ideas, por lo mismo mientras más participe en los procesos del proyecto el trabajador aumentará su impacto en el mismo y acelerará el ritmo de trabajo del equipo. Esto conlleva una disminución del tiempo requerido para realizar las tareas debido, entre otras cosas, a la buena comunicación y a la motivación del equipo.
- **Recursos:** Si el equipo de trabajo está motivado se generará un ambiente participativo por parte de los trabajadores, además de una disminución de la rotación del personal al sentirse importante para el equipo y para la jefatura. También producirá un aumento en la producción y se potenciará el desarrollo de los miembros del equipo. Esto significa un aumento en la confianza del equipo de trabajo con ellos mismos y con la empresa.
- **Alcance:** Cuando un equipo está motivado participa más en reuniones informativas y de decisión. Esto afecta el alcance del proyecto produciendo una disminución de incertidumbre en el equipo, debido a que todos conocen los requerimientos y las decisiones adoptadas por la jefatura. Además, se produce una disminución en los cambios en el producto derivados de una mala comprensión de la información.
- **Calidad:** La motivación afecta la calidad del proyecto en diversas maneras. Cuando el equipo se siente cómodo con el proyecto que está realizando y lo hace suyo, los entregables y en general todas las tareas serán realizadas de manera más prolija. Los integrantes que están motivados tienden a ser más participativos, esto aumenta la calidad del producto, debido al aporte de ideas por parte del equipo de trabajo. Esto también puede conllevar una disminución de errores y mayor disposición a cooperar en la revisión del producto para prevenir defectos o problemas. Otro aspecto que afecta la motivación es el cómo se ve el equipo a sí mismo. Al considerarse un equipo de buen rendimiento, la calidad de los entregables suele ir mejorando en vez de disminuir. La relación entre la jefatura y el equipo también afecta la calidad del proyecto. Una jefatura presente, que motive e inspire al equipo aumentará la

calidad de los entregables y potenciará al equipo de trabajo de modo que den su mejor esfuerzo en las tareas que se les encomienden.

- **Acciones:** Si un equipo de trabajo se siente motivado y cómodo con el proyecto, la rotación tiende a disminuir, por lo que acciones como búsqueda de nuevo personal disminuirán.
La motivación también afecta la salud del equipo de trabajo en términos de convivencia. Al existir un buen ambiente, no se necesitarán acciones relacionadas con corregir la convivencia del equipo.
También disminuirán las acciones correctivas por motivo de fallos por parte del equipo de trabajo.

En cambio, cuando el puntaje de la pregunta es <5 (simbolizado con un - en la tabla) las dimensiones pueden interpretarse de la siguiente manera:

- **Costo:** Cuando la motivación del equipo disminuye, los riesgos de rotación y disminución del ritmo de trabajo aumentan.
Desde la perspectiva de los costos del proyecto, esto puede desencadenar costes derivados al atraso de entregables y a la búsqueda y contratación de nuevo personal. Esto sumado al costo de todas las acciones necesarias para revertir situaciones de desánimo y conflicto, pueden perjudicar en gran medida el presupuesto del proyecto.
- **Tiempo:** Una falta de interés y desmotivación por parte del equipo de trabajo puede conllevar una disminución del ritmo de trabajo, que se puede sumar a la pérdida de tiempo en actividades que no corresponden a las tareas propias del equipo.
Si un trabajador no siente que sea un aporte la desmotivación disminuirá su rendimiento y puede influir en el resto, además si en el equipo existe un mal ambiente, podrían generarse pérdidas de tiempo de trabajo derivadas de disputas o altercados.
La percepción de que un equipo es de bajo rendimiento puede contribuir en la autocomplacencia, lo que deriva en un rendimiento menor.
La motivación que la jefatura brinda al equipo es importante. Al no haber una retroalimentación positiva cuando un trabajo se hace a tiempo, los entregables pueden empezar a tardar más de lo planeado.
- **Recursos:** Por un lado, se puede generar un sentimiento de indiferencia en los integrantes del equipo, que se puede traducir en una disminución del ritmo laboral, una mayor probabilidad de rotación de trabajadores e incluso la producción de roces entre compañeros de trabajo, lo que podría desencadenar una mala disposición para el diálogo y el trabajo.
Por otro lado, puede surgir un sentimiento de desánimo o desestimación percibido por el equipo de trabajo, que se puede interpretar como desinterés por parte de la jefatura, generando conflictos con la misma y problemas de desconfianza entre otros.

- **Alcance:** Podrían aumentar las peticiones de cambios por motivo de entregables que no son los esperados por el cliente, esto debido a la mala comunicación del equipo o a la mala disposición a asistir a las reuniones del mismo.
- **Calidad:** Cuando el equipo de trabajo tiene un nivel de motivación baja aspectos como la mala comunicación y el desánimo afloran fácilmente.
Esto afecta a la calidad del producto debido a la no consideración de consejos y sugerencias por parte de otros integrantes del equipo.
Al no estar en sintonía con el proyecto ni el equipo, es más probable que se produzcan errores y que el rendimiento de trabajo disminuya.
Si el equipo además considera que no están haciendo bien el trabajo, la calidad del trabajo no suele ser buena y pasa a segundo plano.
- **Acciones:** Si la motivación del equipo de trabajo es pobre la comunicación disminuirá provocando un aumento en las acciones correctivas derivadas al desconocimiento de tareas y la falta de información. También pueden generarse problemas o roces entre el equipo, por lo que se podría hacer necesario realizar reuniones con los trabajadores para zanjar problemas y aumentar la confianza del equipo.
Como la calidad de los entregables de un equipo de trabajo desmotivado tiende a ser baja, se necesitarán realizar acciones correctivas para mejorar y ayudar al equipo a aumentar la calidad de su trabajo.
Una motivación baja también puede generar rotación en la empresa, por lo que podrían hacerse necesarias acciones para la incorporación de nuevo personal o de prevención de rotación.
Además se necesitará tomar acciones para motivar el equipo y revertir todos aquellos aspectos que hayan sido pasados a llevar por la desmotivación.

Anexo 6: Resumen de los resultados obtenidos

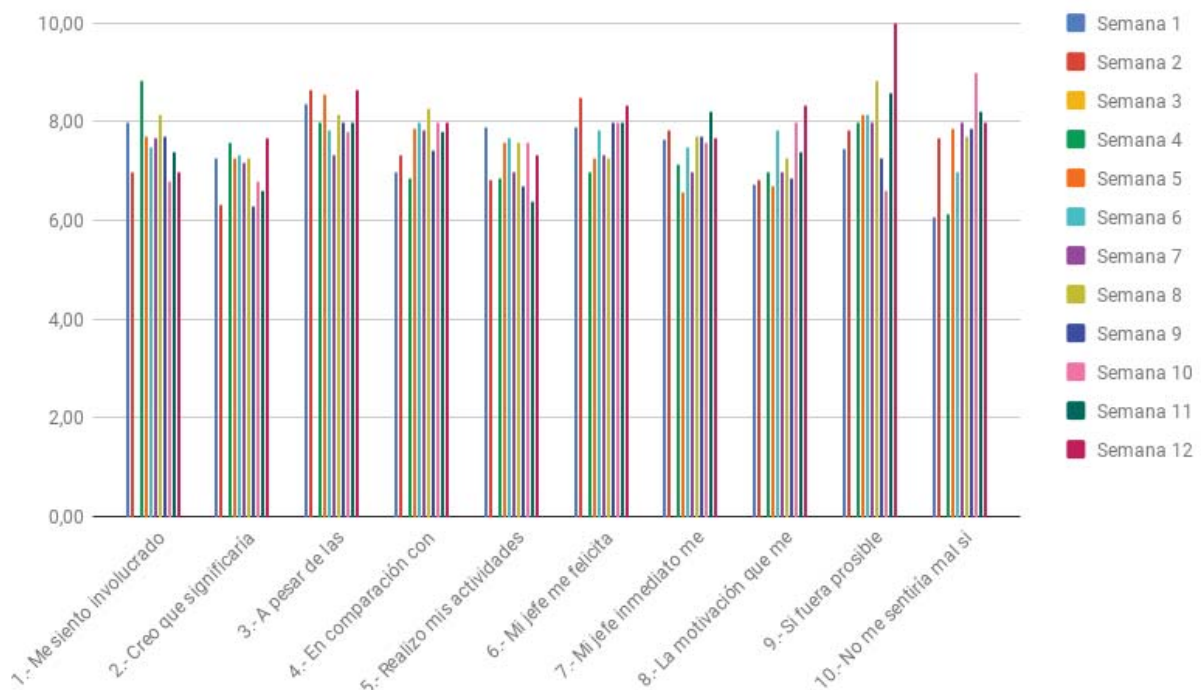
Durante un período de aplicación continuo de 12 semanas, se realizaron numerosas instancias de prueba de la propuesta de KPI, obteniéndose así una serie de resultados que se resumen a continuación. Cabe destacar que esta síntesis representa solo la participación y resultados obtenidos por medio del indicador de Motivación, ya que para el KPI "Valor por requerimiento" se obtuvieron resultados de naturaleza cualitativa que han sido detallados en el presente informe.

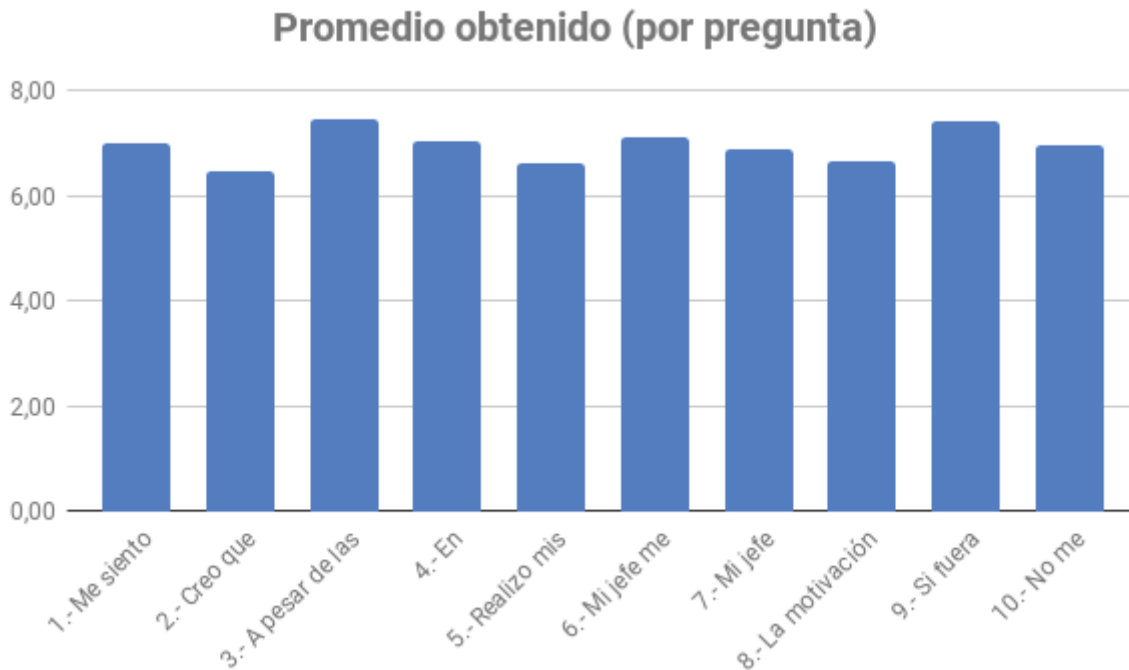
A su vez, los resultados se dividen en dos partes, la primera corresponde a los obtenidos por el grupo del Laboratorio IOT - CCTVal y la segunda a los obtenidos por el conjunto de estudiantes de la PUCV, siendo en ambos casos, consideradas solo las semanas y encuestas que fueron efectivamente realizadas por el equipo de trabajo.

6.1 Resultados grupo Laboratorio IOT – CCTVal

Durante un periodo de 12 semanas se aplicaron encuestas semanales al grupo Laboratorio IOT – CCTVal cuyo resumen de resultados obtenidos se muestra a continuación.

Los gráficos correspondientes a este grupo son el detalle de los valores obtenidos semana a semana y el promedio de valores obtenidos por pregunta durante toda la experiencia.



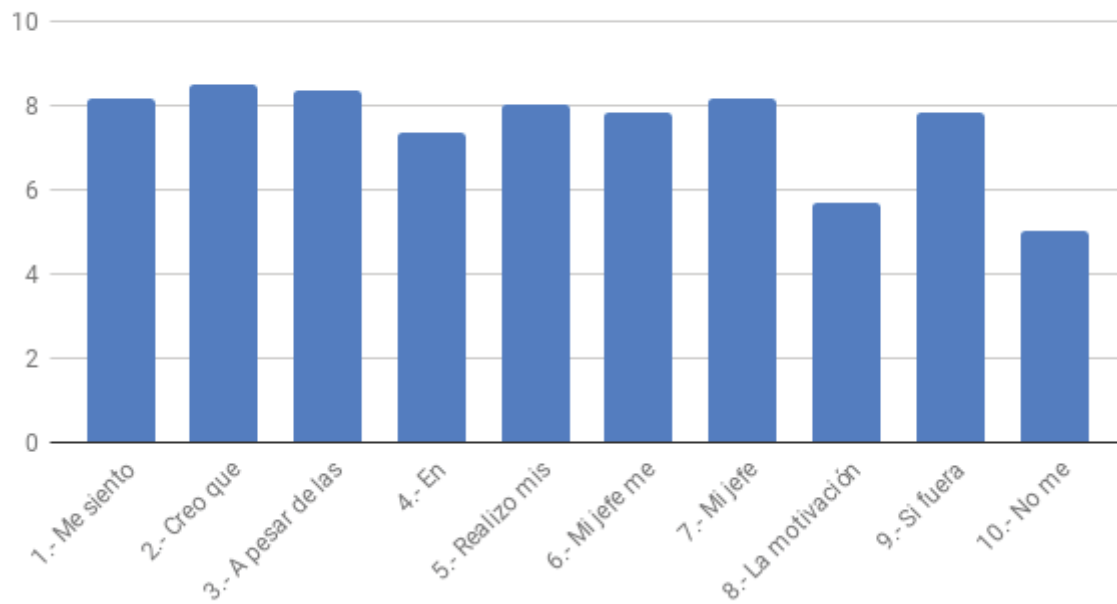


6.2 Resultados grupo estudiantes PUCV

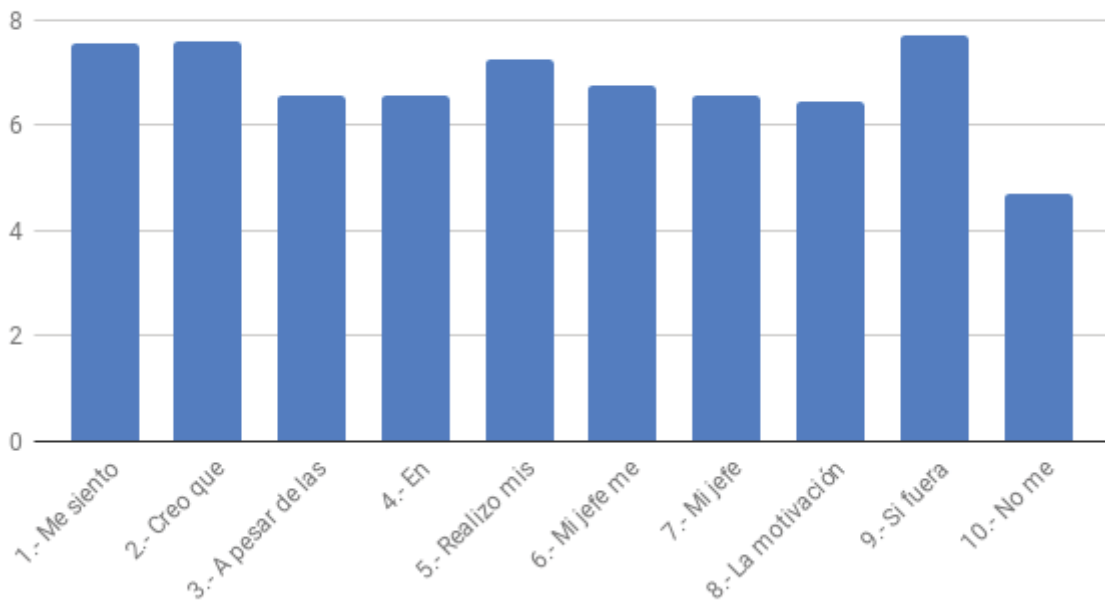
En el caso de los estudiantes de la PUCV se realizó una subdivisión de grupos compuestos por 3 o 4 personas cada uno, de los cuales se muestra el resumen de los valores promedio obtenidos por cada uno de los grupos durante todo el periodo de aplicación.



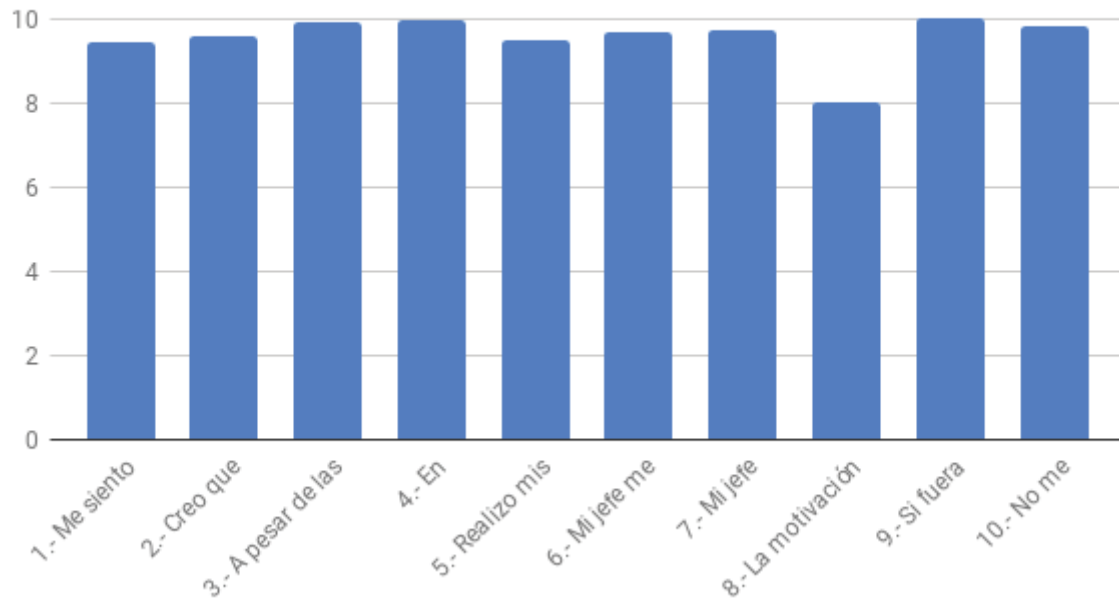
Resultados Grupo 2



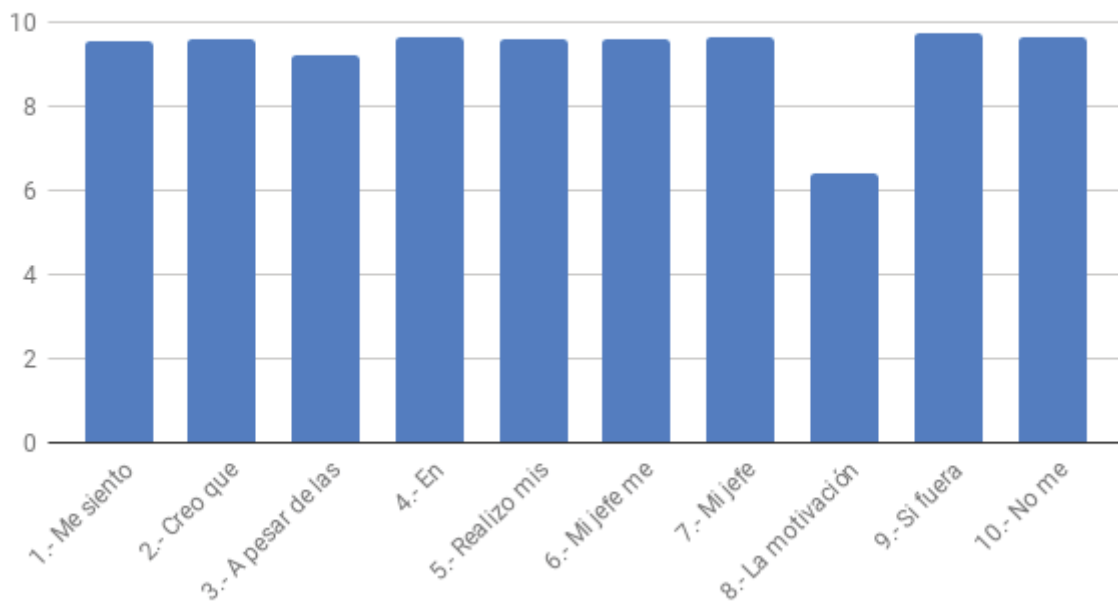
Resultados Grupo 3



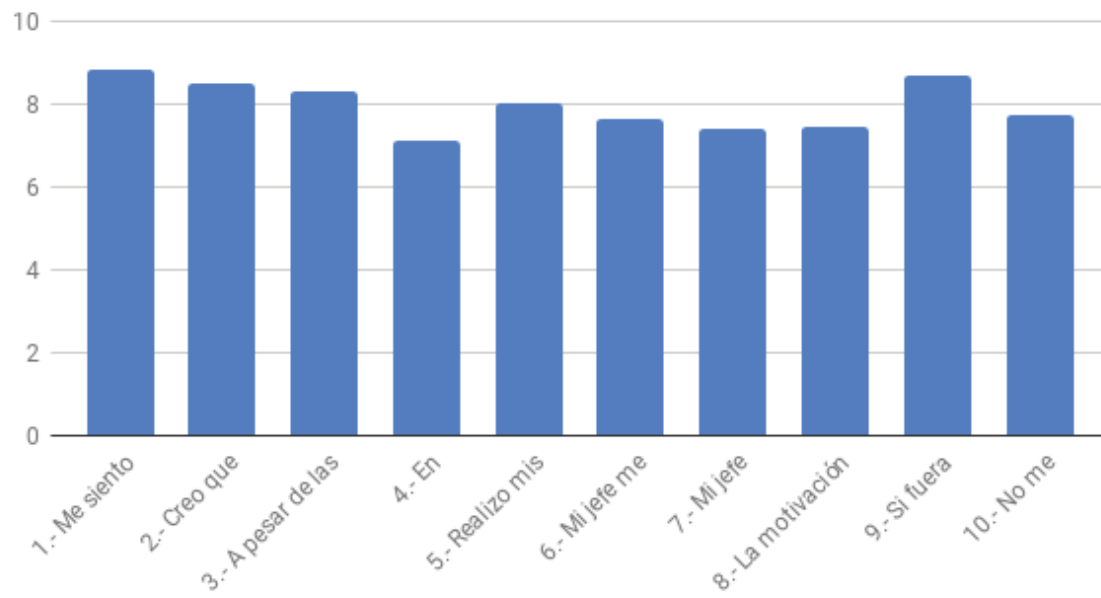
Resultados Grupo 4



Resultados Grupo 5



Resultados Grupo 6



Resultados Grupo 7

