

# Metrics Based on a Risk-Driven Approach to Assess Communication, Cooperation and Coordination in Global Software Development Teams

César-Jesús Pardo-Calvache; Gustavo-Adolfo Salazar-Escobar;  
Gabriel-Fernando Vargas-Arias; Jhon-Eder Masso-Daza

**Citación:** C.-J. Pardo-Calvache, G.-A. Salazar-Escobar, G.-F. Vargas-Arias, J.-E. Masso-Daza, “Metrics Based on a Risk-Driven Approach to Assess Communication, Cooperation and Coordination in Global Software Development Teams,” *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 29 (54), e11759, 2020.

<https://doi.org/10.19053/01211129.v29.n54.2020.11759>

**Recibido:** Julio 18, 2020; **Aceptado:** Septiembre 14, 2020;

**Publicado:** Septiembre 15, 2020

**Derechos de reproducción:** Este es un artículo en acceso abierto distribuido bajo la licencia [CC BY](#)



**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

# Metrics Based on a Risk-Driven Approach to Assess Communication, Cooperation and Coordination in Global Software Development Teams

César-Jesús Pardo-Calvache<sup>1</sup>  
Gustavo-Adolfo Salazar-Escobar<sup>2</sup>  
Gabriel-Fernando Vargas-Arias<sup>3</sup>  
Jhon-Eder Masso-Daza<sup>4</sup>

## Abstract

The success of Global Software Development (GSD) depends largely on how geographically dispersed project management and teamwork efforts are communicated, cooperated and coordinated (3Cs). From a literature analysis, some works were found where risks and metrics for DGS projects are proposed, but it was evidenced that some risks are not described in detail, they are ambiguous and hard to understand, which makes it difficult to know which category they belong to. In addition, it is necessary to classify risks in a less-subjective way, which allows to improve their understanding and thus define and apply measurement tools to obtain the impact magnitude of mentioned risks, and generate some indicators for support decision-making in DGS teams. In this article, 37 risks for the communication,

---

<sup>1</sup> Ph. D. Universidad del Cauca (Popayán-Cauca, Colombia). [cpardo@unicauca.edu.co](mailto:cpardo@unicauca.edu.co). ORCID: [0000-0002-6907-2905](https://orcid.org/0000-0002-6907-2905)

<sup>2</sup> Universidad del Cauca (Popayán-Cauca, Colombia). [gsalazar@unicauca.edu.co](mailto:gsalazar@unicauca.edu.co). ORCID: [0000-0001-6929-480X](https://orcid.org/0000-0001-6929-480X)

<sup>3</sup> Universidad del Cauca (Popayán-Cauca, Colombia). [gabrielvargas@unicauca.edu.co](mailto:gabrielvargas@unicauca.edu.co). ORCID: [0000-0001-9517-5732](https://orcid.org/0000-0001-9517-5732)

<sup>4</sup> M. Sc. Universidad del Cauca (Popayán-Cauca, Colombia). [masso@unicauca.edu.co](mailto:masso@unicauca.edu.co). ORCID: [0000-0002-9977-2881](https://orcid.org/0000-0002-9977-2881)

cooperation and coordination in the DGS are proposed, as a result of the comparison and integration of identified risks in the literature. A set of metrics defined with the application of the Goal Question Metric (GQM) paradigm is also presented, organized according to these questions: What does it measure? Where the attribute to be measured is established; How to measure it? Where the metric is formulated through the following elements: description, type, scale and calculation function. Through the focus group technique, its completeness, relevance, clarity, precision, and ease of use were evaluated. The proposed metrics could be useful for organizations, teams, projects, and consultants operating in DGS contexts.

**Keywords:** communication, cooperation and coordination (3Cs); global software development (GSD); goal question metric (GQM) method; metrics in the GSD; risks in the GSD.

## **Métricas basadas en un enfoque guiado por riesgos para evaluar la comunicación, cooperación y coordinación en equipos de desarrollo global de software**

### **Resumen**

El éxito del desarrollo global de software (DGS) depende, en gran parte, de la forma como se comunican, cooperan y coordinan (3Cs) los esfuerzos en la gestión de los proyectos y los equipos de trabajo geográficamente dispersos. En la literatura, se identifican varios trabajos que proponen riesgos y métricas para proyectos de DGS, pero algunos de ellos no se describen con detalle, son ambiguos o complicados de entender, lo que dificulta ubicarlos en alguna categoría precisa. Además, es necesario clasificar los riesgos de una manera menos subjetiva, que mejore su comprensión; facilite la definición y aplicación de herramientas para medir su impacto, y genere algunos indicadores que apoyen la toma de decisiones en los equipos de DGS. En este artículo, se proponen 37 riesgos para la comunicación, cooperación y coordinación en el DGS, como resultado de la comparación e integración de riesgos identificados en la literatura. También se presenta un

conjunto de métricas definidas con la aplicación del paradigma Goal Question Metric (GQM), organizadas con estas interrogantes: ¿qué mide?, donde se establece el atributo por calibrar, y ¿cómo lo mide?, donde se indica la métrica a través de los siguientes elementos: descripción, tipo, escala y función de cálculo. Mediante la técnica de grupo focal, se evaluó la completitud, pertinencia, claridad, precisión y facilidad de uso de las métricas, que podrían resultar útiles para las organizaciones, equipos, proyectos y consultores que operan en contextos de DGS.

**Palabras clave:** comunicación, cooperación y coordinación (3Cs); desarrollo global de software (DGS); método GQM; métricas en el DGS; riesgos en el DGS.

### **Métricas baseadas em um enfoque guiado por riscos para avaliar a comunicação, cooperação e coordenação em equipes de desenvolvimento global de software**

#### **Resumo**

O êxito do desenvolvimento global de software (DGS) depende, em grande parte, da forma como se comunicam, cooperam e coordenam (3Cs) os esforços na gestão dos projetos e das equipes de trabalho geograficamente dispersas. Na literatura, identificam-se vários trabalhos que propõem riscos e métricas para projetos de DGS, mas alguns deles não se descrevem com detalhe, são ambíguos ou complicados de entender, o que dificulta localizá-los em alguma categoria precisa. Além disso, é necessário classificar os riscos de uma maneira menos subjetiva, que melhore sua compreensão, facilite a definição e aplicação de ferramentas para medir seu impacto, e gere alguns indicadores que apoiem a tomada de decisões nas equipes de DGS. Neste artigo, propõem-se 37 riscos para a comunicação, cooperação e coordenação no DGS, como resultado da comparação e integração de riscos identificados na literatura. Também se apresenta um conjunto de métricas definidas com a aplicação do paradigma Goal Question Metric (GQM), organizadas com estas interrogantes: o que mede?, onde estabelece-se o atributo por calibrar, e como é medido?, onde indica-se a métrica através dos seguintes elementos:

descrição, tipo, escala e função de cálculo. Mediante a técnica de grupo focal, avaliou-se a completitude, pertinência, clareza, precisão e facilidade de uso das métricas, que poderiam resultar úteis para as organizações, equipes, projetos e consultores que operam em contextos de DGS.

**Palavras chave:** comunicação, cooperação e coordenação (3Cs); desenvolvimento global de software (DGS); método GQM; métricas no DGS; riscos no DGS.

## I. INTRODUCCIÓN

El Desarrollo Global de Software (DGS) es una variación especial del desarrollo de software distribuido, en el cual los equipos se ubican más allá de las fronteras geográficas de un país [1]; así, su alcance abarca tanto el desarrollo distribuido como la tercerización de actividades vinculadas con el ciclo de vida de los productos de software, como ingeniería de requerimientos, pruebas, soporte y mantenimiento, entre otros [2]. Campo et al. [3] destacan algunas ventajas del DGS, entre ellas: (i) disminuir la falta de talento humano localizado, (ii) solucionar la limitación de espacio físico, y (iii) reducir el tiempo de comercialización, con base en el modelo de llamado “follow-the-sun”.

Sin embargo, Jiménez et al. [1] establecen que el DGS implica ciertos desafíos y riesgos relacionados con la comunicación, cooperación y coordinación, entre ellos: (i) gestionar adecuadamente los equipos distribuidos, (ii) lograr la eficiencia de los equipos, (iii) impulsar una apropiada comunicación y gestión del conocimiento y (iv) administrar el tiempo. Respecto de los equipos, la complejidad y problemáticas de su conformación e interacción, el DGS puede afrontar diversos riesgos ligados con: (i) limitaciones en las interrelaciones sociales, (ii) barreras del idioma, (iii) dificultad o pérdida de la coordinación y control de los proyectos [4], (iv) ausencia de compañerismo y (v) choque cultural [5-6].

A partir del análisis de la literatura, se encontraron algunos trabajos que proponen riesgos y métricas para proyectos de DGS, como prácticas para una comunicación esencial cuando se utiliza XP en los equipos de DGS [2], un modelo para la gestión de riesgos en la planificación de procesos en DGS [7] y planteamientos de métricas para DGS [4], entre otros. Sin embargo, esta misma lectura evidenció que algunos riesgos no se describen detalladamente, carecen de clasificación o son difíciles de entender, lo que obstaculiza su categorización.

Por lo tanto, este artículo presenta un conjunto de riesgos para el DGS clasificados de acuerdo con las tres dimensiones establecidas por Fuks et al. [8]: comunicación, coordinación y cooperación (3Cs). Además, formula métricas para un subconjunto

de los riesgos propuestos, usando el paradigma Goal Question Metric (GQM) [9]. Estas se evaluaron mediante un grupo focal conformado por expertos, para calcular su completitud, pertinencia, claridad, precisión, coherencia y facilidad de uso. Con estos elementos, se busca disminuir la ambigüedad y complejidad detectadas en la literatura; brindar herramientas para cuantificar y diagnosticar el impacto de los riesgos asociados con los equipos de trabajo en la modalidad de DGS, y agregar valor y apoyo en la toma de decisiones.

La estructura del artículo es la siguiente: la sección II (método) presenta el análisis del estado del arte y el protocolo seguido para la comparación e integración de los riesgos citados en la literatura; además, propone 37 riesgos para las 3Cs. La sección III (resultados) incluye 9 métricas para apoyar dichos factores en el DGS y su evaluación a través de un grupo focal. Por último, la sección IV (discusión) se refiere a las conclusiones y trabajo futuro.

## **II. MÉTODO**

En esta sección, se expone el análisis de los trabajos relacionados y la estrategia definida para la armonización de los riesgos.

### ***A. Revisión de literatura***

Del análisis de la literatura se identificaron diferentes propuestas, pero se incluyeron solo aquellas acordes con los siguientes criterios: (c-i) describen factores de riesgo y/o (c-ii) establecen métricas para DGS. En cuanto al criterio (c-i), Mathrani y Mathrani [10] muestran una estrategia de riesgos utilizada por profesionales que participan en actividades de desarrollo de software, distribuidos en Nueva Zelanda, Australia e India; Layman et al. [2] elaboran un estudio de caso para entender cómo un equipo distribuido que emplea la metodología XP supera los riesgos y obstáculos que se generan en proyectos asociados con equipos de desarrollo distribuido; Steinmacher et al. [11] ofrecen una revisión sistemática de los estudios realizados en el contexto de DGS y clasifican los riesgos identificados dentro de las 3Cs.

En cuanto al criterio (c-ii), Wanderley et al. [12] proponen el uso de dos métricas para la gestión de los riesgos de software: Pure Risk Point (PRP) y Exponential Risk Point (ERP), ambas basadas en la métrica Risk Point; Björndal et al. [13] presentan un conjunto de métricas para el DGS definidas a través del paradigma GQM y relacionadas con zona horaria, equipo, confianza, comunicación e innovación; Noll y Beecham [14] exponen los resultados de una encuesta enfocada en la evaluación del impacto con base en factores geográficos, temporales y culturales, que permiten reducir la distancia global en los proyectos de desarrollo de software; Tihinen et al. [6] explican un estudio en el cual se describe un conjunto de métricas esenciales utilizadas en el DGS, entre ellas, pérdida de riqueza de comunicación, pérdida de coordinación, pérdida de control y barreras de cohesión y choque cultural; sin embargo, no hay una definición formal de las métricas.

En los trabajos revisados, se hallaron propuestas que intentan apoyar la gestión del riesgo en equipos de DGS, a través de factores de riesgo y métricas. No obstante, es poco el desarrollo respecto de métricas definidas que permitan cuantificar el efecto de los factores de riesgo relacionados con las 3Cs; además, se evidencia ambigüedad y falta de detalle en su descripción, lo que dificulta su comprensión e implementación.

### ***B. Protocolo para la armonización de riesgos***

A continuación, se explica el protocolo seguido, el cual estuvo conformado por dos actividades: caracterización de los riesgos y comparación e integración de estos.

**1) Caracterización de los riesgos.** La clasificación de riesgos para las 3Cs en el DGS fue la base para el proceso de definición de las métricas. Después de analizar detalladamente los estudios relacionados con los riesgos (criterio c-i de la sección anterior), dado que los autores crearon subcategorías ligadas con la distancia para la comunicación y coordinación respecto de las distancias temporales, geográficas y socioculturales [15-17], se decidió adoptarlas como referencia.



Por otro lado, se detectó la existencia de ambigüedad en los riesgos, pues una gran cantidad de ellos coincidían en su significado, pero respondían a diferentes nombres en cada categoría o subcategoría. En tal sentido, se decidió compararlos y verificar la posibilidad de integrarlos. Además, se encontraron riesgos no categorizados o subcategorizados, con descripciones confusas o poco detalladas. En este estudio, se descartaron aquellos que no aportaban mayor información y resultaban difíciles de comprender. La Tabla 1 resume la cantidad de riesgos hallados en los trabajos examinados; de un total de 120, se descartaron 27 ambiguos, poco detallados o sin clasificar (SC). Como resultado, se armonizaron 93 riesgos, a partir de los cuales se proponen 37 nuevos de ellos, luego de este proceso.

**Tabla 1.** Riesgos encontrados en los trabajos analizados.

Ref.	Coordinación		Comunicación		Cooperación	
	Total	Categoría	Total	Categoría	Total	Categoría
[15]	15	1DT, 11DG, 3DS	12	10DG, 2DT, 4DS	-	-
[7]	4	SC	-	-	-	-
[18]	4	SC	-	-	-	-
[5]	5	SC	-	-	9	SC
[19]	5	SC	-	-	-	-
[17]	-	-	31	9DT, 11DG, 11DS	-	-
[20]	-	-	35	6DT, 13DG, 16DS	-	-
Total	33		78		9	

\* Distancia temporal (DT), distancia geográfica (DG), distancia sociocultural (DS), sin categoría (SC)

Verner et al. [21] afirman que la distancia incrementa los problemas de coordinación y cooperación: a medida que aquella aumenta, se intensifica el impacto negativo en la comunicación, lo que afecta indirectamente la efectividad de las dimensiones de coordinación y cooperación. Por ello, es posible advertir en estas un mayor número de riesgos, como se ilustra en la Tabla 1. Por último, la cooperación es una de las dimensiones menos investigadas, puesto que en la literatura se hallaron muy pocos riesgos asociados con esta.

**2) Comparación e integración de riesgos.** Durante esta etapa, se realizaron las siguientes actividades: (i) registrar los riesgos identificados para las dimensiones de coordinación, comunicación y cooperación, incorporando en los dos primeros las dimensiones temporal, geográfica y sociocultural. En este sentido, se tuvo en cuenta agregar un identificador, nombre del riesgo y descripción, en su caso; (ii) armonizar los riesgos, identificando los elementos en común, de acuerdo con los aspectos de equivalencia, complementariedad y fusión. Para establecer los vínculos entre los riesgos, se llevó a cabo la comparación 1 a 1, buscando similitudes en su descripción, nombre o información adicional, como causas, efectos y factores de riesgo. Al encontrar relaciones entre estos, se integraban y, por consiguiente, se diseñaban nuevos riesgos, que tomaron el nombre y la etiqueta del más completo o significativo. En los casos en los que no se encontraron relaciones, no sufrieron cambio alguno y se agregaron al resultado final.

La Tabla 2 muestra un ejemplo de la integración de dos riesgos para la dimensión de coordinación, con la información enseguida descrita.

**Tabla 2.** Ejemplo de integración de riesgos en la dimensión de coordinación.

Identificador	Riesgo	Definición/descripción	Riesgo resultado
A1CRDGR07	Definir un adecuado alcance del proyecto	No especifica	Falta de una definición adecuada del alcance, objetivos y metas del proyecto
A5CRR01	Objetivos y metas definidos de forma poco clara	Relacionado con las metas y objetivos de los proyectos de software offshore poco definidos antes de comenzar el proceso de subcontratación en el extranjero. Requiere identificar qué se debe deslocalizar, las características del proyecto y el perfil del proveedor de servicios adecuado	

La Tabla 3 muestra un extracto de los riesgos propuestos. De una totalidad de 37, se dividieron en 15 riesgos para comunicación, 19 riesgos para coordinación y 3 riesgos para cooperación, disponibles para su consulta en <https://bit.ly/3m2lxav>.

**Tabla 3.** Riesgos propuestos para comunicación, coordinación y cooperación.

Dimensión	Id.	Riesgo propuesto
<b>Riesgos propuestos para comunicación</b>		
Distancia geográfica	R1CM	Aumento del esfuerzo de comunicación
	R5CM	Reducción en la frecuencia de comunicación
	R9CM	Retrasos en la solución de problemas
	R10CM	Terminología no homogénea
	R15CM	Requisitos poco claros
<b>Riesgos propuestos para coordinación</b>		
Distancia geográfica	R1CD	Definición inadecuada del alcance del proyecto
	R11CD	Deficiencias en la distribución de actividades
	R14CD	Deficiente comprensión de los procesos del proyecto
<b>Riesgos propuestos para cooperación</b>		
No aplica	R1CP	Colaboración deficiente entre los miembros del equipo

Debido al límite de espacio, la Tabla 4 contiene la descripción para un subconjunto de ellos; así, muestra 9 riesgos con su respectiva descripción y con el identificador también incluido en la Tabla 3, del siguiente modo: la dimensión a la que pertenece —comunicación (CM), coordinación (CD) o cooperación (CP)— y la distancia en la cual se inscribe —distancia geográfica (DG), distancia temporal (DT), distancia sociocultural (DS) o no aplica (NA)—. Las métricas asociadas con estos riesgos se reseñan detalladamente en la siguiente sección.

**Tabla 4.** Descripción de los riesgos seleccionados.

Id.	Riesgo propuesto	Descripción
R1CMDG	Aumento del esfuerzo de comunicación	Comunicarse más veces de lo necesario, debido a reuniones poco productivas o canales de baja efectividad.
R5CMDG	Reducción en la frecuencia de comunicación	La frecuencia de comunicación puede reducirse a causa de las pocas horas laborales en común.
R9CMDT	Retrasos en la solución de problemas	El tiempo de solución de un problema aumenta por demoras en diferentes etapas, desde que se reporta hasta que se resuelve por completo.
R10CMDT	Terminología no homogénea	Escasa resolución de ambigüedades en comunicación verbal y escrita derivadas de las diferencias culturales de los miembros del equipo, lo que puede causar confusiones y malentendidos.
R15CMDS	Requisitos poco claros	Documentación deficiente que deriva en la elaboración de artefactos que no superan las pruebas estáticas que se les realicen.

Id.	Riesgo propuesto	Descripción
R1CDDG	Definición inadecuada del alcance del proyecto	Planeación inadecuada con objetivos poco realistas, reflejada en presupuestos y cronogramas que no se cumplen.
R11CDDG	Deficiencias en la distribución de actividades	Sobrecarga de tareas o asignaciones a colaboradores con poca experiencia.
R14CDDG	Deficiente comprensión de los procesos del proyecto	Escasa socialización o capacitación sobre los procesos del proyecto.
R1CPNP	Colaboración deficiente entre miembros del equipo	Debilidades en la gestión de talento humano que derivan en conflictos o baja productividad, lo que impide el logro pleno de los objetivos.

### III. RESULTADOS

En esta sección, se presentan 9 métricas establecidas para algunos de los riesgos armonizados, junto con su evaluación cualitativa a través de un grupo focal.

#### ***A. Métricas propuestas para las 3Cs en el DGS***

Para definir el conjunto de métricas de una manera sistemática y organizada, se aplicó el paradigma GQM [9], con los pasos que este sugiere: (i) identificar las metas principales, (ii) derivar preguntas para determinar el cumplimiento de dichas metas y (iii) establecer las mediciones necesarias para responder adecuadamente esas preguntas. Como resultado, las metas se fijaron a nivel conceptual; las preguntas, a nivel operativo, y las métricas, a nivel cuantitativo.

Por lo tanto, los criterios para definir al conjunto de métricas se explican enseguida: (i) específicas, fáciles de entender y de utilizar por parte de las organizaciones de software que trabajan con equipos geográficamente distribuidos, (ii) adaptables a las necesidades de cada organización y (iii) fundamentadas en metodologías reconocidas. Además, se consideraron las características sugeridas para la correcta definición de las métricas de software; es decir: (i) cuantificables, (ii) independientes, (iii) explicables y (iv) precisas. La Tabla 5 muestra las metas, hipótesis y preguntas para el riesgo con identificador R1CMDG incluido en la tabla 4 (los demás riesgos pueden consultarse en <https://bit.ly/3lZtKMF>).

**Tabla 5.** Objetivos asociados con los riesgos seleccionados.

Riesgo	Meta	Hipótesis	Preguntas
R1CMDG	M1: Reducir la dificultad que conlleva la comunicación entre los miembros del equipo de DGS	Se logra mejorar la frecuencia de comunicación, determinando si las reuniones se están llevando a cabo según lo planificado y los tiempos para ello son óptimos	¿Cuántas reuniones se planificaron? ¿Cuántas de las reuniones que se tenían planeadas se llevaron a cabo? ¿Cuánto tiempo se planificó para la reunión? ¿Cuánto tiempo se utilizó para la reunión? ¿Qué tan eficaces fueron las reuniones que se realizaron?

Debido al límite de espacio, la Tabla 6 solo contiene las métricas diseñadas para la meta M9 presentada en la Tabla 5; aquellas vinculadas con las metas M1 a M8 se encuentran en <https://bit.ly/327VMO0>. Las métricas se organizaron en relación con dos preguntas: ¿qué mide?, donde se establece el atributo por cuantificar, y ¿cómo lo mide?, donde se indica cada métrica a través de estos elementos: descripción, tipo, escala y función de cálculo. El identificador de la meta es el mismo que aparece en la Tabla 5. En <https://bit.ly/33dA8XY> se presentan ejemplos de uso de las métricas propuestas para cada riesgo, con su correspondiente escala de interpretación.

**Tabla 6.** Métricas diseñadas para la meta M9.

Meta	¿Qué mide?	¿Cómo se mide?				
		Métrica	Descripción	Tipo	Unidad	Cálculo
M9	Actividades	pAGR	Porcentaje de actividades grupales realizadas	Indicador	Porcentaje	$pAGR = (cAGR / cTAG) * 100$ (23)
	Cantidad	cAGR	Cantidad de actividades grupales realizadas	Base	Actividades	
	Cantidad	cTAG	Cantidad total de actividades grupales	Base	Actividades	

### ***B. Evaluación cualitativa por medio de un grupo focal***

El conjunto de riesgos y métricas propuesto se evaluó a través de una técnica cualitativa de investigación llamada grupo focal, que permitió su examen, refinación y mejora a partir de la opinión de expertos (participantes); este método empírico se

eligió porque, mediante una sesión de debate, es posible explorar el concepto de los participantes sobre la propuesta, en aspectos cualitativos como idoneidad, completitud y claridad.

En su realización, se siguieron los lineamientos planteados por Kontio et al. [23], que enlista cinco fases: proyectar la investigación (planteamiento), diseñar los grupos de discusión (reclutamiento), conducir las sesiones (moderación), examinar la información y concentrar los resultados (análisis y reporte de resultados) y las oportunidades de mejora (acciones de mejora). Se diseñó un cuestionario integrado por 11 preguntas que se presenta en la Tabla 7; las preguntas 1 a 9 utilizaron una escala de Likert y las preguntas 10 y 11 fueron dicotómicas (sí o no). La escala de Likert se perfiló en los siguientes términos: muy satisfecho (MS), con valor de 5; algo satisfecho (AS), con valor de 4; satisfecho (S), con valor de 3; poco satisfecho (PS), con valor de 2, y muy insatisfecho (MI), con valor de 1.

La Tabla 7 refiere que, de manera general, los participantes estuvieron de acuerdo con la mayoría de los riesgos y métricas propuestos. Sin embargo, se tomaron como respuestas poco favorables aquellas calificadas como PS; en este caso, la pregunta 7 se tuvo en cuenta para ejecutar acciones de mejora sobre la propuesta. De igual forma, se consideraron los comentarios y opiniones de los participantes en el mismo sentido.

**Tabla 7.** Resultados obtenidos en la encuesta realizada a los participantes.

Id.	Preguntas cerradas	MS	AS	S	PS	MI
1	¿Qué grado de complejidad considera que tienen las métricas propuestas?	1	0	4	0	0
2	¿Considera que la descripción asociada con las métricas es clara?	1	2	2	0	0
3	¿Considera que el conjunto de métricas propuesto corresponde con los riesgos que se pretenden medir?	2	3	0	0	0
4	¿Considera que las métricas definidas son coherentes?	3	2	0	0	0
5	¿Considera que las métricas definidas son cuantificables (es decir, deben basarse en hechos, no en opiniones)?	2	1	2	0	0
6	¿Considera que las métricas definidas son precisas?	2	3	0	0	0
7	¿Considera que las métricas propuestas son fáciles de aplicar?	1	1	2	1	0
8	¿Considera que el conjunto de métricas propuestas es pertinente para MiPyMEs dedicadas al desarrollo global de software?	4	1	0	0	0

Id.	Preguntas cerradas	MS	AS	S	PS	MI	
9	¿Considera que el conjunto de métricas propuestas genera valor en MiPyMEs dedicadas al desarrollo global de software?	4	1	0	0	0	
Preguntas dicotómicas						Sí	No
10	¿Considera que se debe replantear alguna de las métricas propuestas?					2	3
11	¿Considera que se debe eliminar alguna de las métricas propuestas?					1	4

La Tabla 8 resume las acciones de mejora implementadas sobre el conjunto inicial de riesgos y métricas propuestas.

**Tabla 8.** Acciones de mejora resultantes del grupo focal.

Núm.	Acción de mejora
1	Se agregaron ejemplos/descripciones de los riesgos
2	En la descripción de cada métrica, se agregó un ejemplo para ilustrar mejor su uso
3	Algunas métricas se descartaron y otras se replantearon
4	Se explicó con detalle cuando una métrica hace uso de otra métrica
5	Se adoptó la clasificación cualitativa de la ISO/IEC 15504
6	Se mejoró la comprensión y se eliminaron algunos errores tipográficos o de diseño de la guía

#### IV. DISCUSIÓN

Este artículo presentó un análisis de los trabajos relacionados con los riesgos en el DGS, donde se identificaron aquellos que afectan a la comunicación, cooperación y coordinación de los equipos en este contexto. Además, se caracterizaron los citados trabajos, con lo que se evidenció la heterogeneidad y ambigüedad en cuanto a las definiciones, descripciones, efectos y causas de los riesgos propuestos por otros autores.

Se expusieron 37 nuevos riesgos discriminados así: 15 para comunicación, 19 para coordinación y 3 para cooperación, de los cuales, para la comunicación, se plantean 5 riesgos en distancia geográfica, 4 en distancia temporal y 6 en distancia sociocultural; para coordinación, se proponen 14 riesgos en distancia geográfica y 5 en distancia sociocultural. También se incluyeron las métricas para un conjunto de 9 riesgos.

Estos riesgos y métricas tienen el objetivo de generar valor en las organizaciones de software, con el fin de facilitar la toma de decisiones; apoyar en la identificación

de amenazas y vulnerabilidades, y generar planes de contingencia y/o mitigación, con base en las medidas e indicadores detectados con las métricas planteadas. A partir de los resultados obtenidos en el grupo focal, los participantes consideraron, en su gran mayoría, que las métricas son completas, pertinentes, claras, precisas, coherentes, fáciles de usar y capaces de generar valor en las organizaciones de DGS. Además, con los comentarios y recomendaciones vertidos, se identificaron oportunidades de mejora que permitieron el refinamiento de la propuesta y la formulación de una segunda versión, presentada en este documento.

Como trabajo futuro, se espera evaluar las métricas propuestas en estudios de caso que usen enfoques de DGS, lo que permitirá ajustarlas y mejorarlas. En ese sentido, se aspira a extender las métricas a partir de la aplicación del paradigma GQM a los demás riesgos aquí establecidos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los profesores César Pardo y Jhon Masso agradecen la contribución de la Universidad del Cauca, donde trabajan como profesores asociados, respectivamente.

## **CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES**

**César-Jesús Pardo-Calvache:** Investigación, Supervisión, Metodología, Validación, Escritura - revisión y edición.

**Gustavo-Adolfo Salazar-Esco:** Investigación, Análisis formal, Validación.

**Gabriel-Fernando Vargas-Arias:** Investigación, Análisis formal, Validación.

**Jhon-Edder Masso-Daza:** Investigación, Escritura – borrador original, Metodología, Validación, Escritura - revisión y edición.

## **REFERENCIAS**

- [1] M. Jiménez, M. Piattini, and A. Vizcaíno, "Challenges and Improvements in Distributed Software Development: A Systematic Review," *Advances in Software Engineering*, vol. 2009, e710971, 2009. <https://doi.org/10.1155/2009/710971>



- [2] L. Layman, L. Williams, D. Damian, and H. Bures, "Essential communication practices for Extreme Programming in a global software development team," *Information and Software Technology*, vol. 48 (9), pp. 781-794, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2006.01.004>
- [3] J. Campo, P. Francisco, A. Carlos, and C. Pardo, "Modelo de procesos en el desarrollo de software global," *Ingenium*, vol. 9 (23), pp. 17-26, 2015.
- [4] J. S. Persson, L. Mathiassen, J. Boeg, T. S. Madsen, and F. Steinson, "Managing risks in distributed software projects: An integrative framework," *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 56 (3), pp. 508-532, 2009. <https://doi.org/10.1109/TEM.2009.2013827>
- [5] J. S. Persson, and L. Mathiassen, "A process for managing risk in Distributed teams," *IEEE Software*, vol. 27 (1), pp. 20-29, 2011. <https://doi.org/10.1109/MS.2009.157>
- [6] M. Tihinen, R. Kommeren, D. Systems, J. Rotherham, and P. M. Office, "Metrics and Measurements in Global Software Development," *International Journal on Advances in Software*, vol. 5 (3), pp. 278-292, 2012.
- [7] Q. Khan, and S. Ghayyur, "Software risks and mitigation in global software development," *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 22 (1), pp. 58-69, 2010.
- [8] H. Fuks, A. Raposo, M. Gerosa, and M. Pimental, "The 3C Collaboration Model," In *Encyclopedia of E-Collaboration*, 2008, pp. 637-644. <https://doi.org/10.4018/978-1-59904-000-4.ch097>
- [9] R. Van Solingen (Revision), V. Basili (Original article, 1994), G. Caldiera (Original article, 1994), and H. D. Rombach (Original article, 1994), "Goal Question Metric (GQM) Approach," In *Encyclopedia of Software Engineering*, 2002. <https://doi.org/10.1002/0471028959.sof142>
- [10] A. Mathrani, and S. Mathrani, "Test strategies in distributed software development environments," *Computers in Industry*, vol. 64 (1), pp. 1-9, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2012.09.002>
- [11] I. Steinmacher, A. Paula, and C. Steinmacher, "Awareness Support in Global Software Development: A Systematic Review Based on the 3C Collaboration Model Conference," In *Collaboration and Technology. CRIWG 2010. Lecture Notes in Computer Science*, 2010. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-15714-1\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-642-15714-1_15)
- [12] M. Wanderley, J. Menezes, C. Gusmão, and F. Lima, "Proposal of Risk Management Metrics for Multiple Project Software Development," *Procedia Computer Science*, vol. 64, pp. 1001-1009, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.619>
- [13] P. Björndal, K. Smiley, and P. Mohapatra, "Global Software Project Management: A Case Study BT - Software Engineering Approaches for Offshore and Outsourced Development," In *International Conference on Software Engineering Approaches for Offshore and Outsourced Development*, 2010. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-13784-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-642-13784-6_7)
- [14] J. Noll, and S. Beecham, "Measuring global distance: A survey of distance factors and interventions," In *Software Process Improvement and Capability Determination. SPICE 2016. Communications in Computer and Information Science*, 2016. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-38980-6\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-319-38980-6_17)
- [15] I. Nurdiani, R. Jabangwe, D. Šmite, and D. Damian, "Risk Identification and Risk Mitigation Instruments for Global Software Development: Systematic Review and Survey Results," In *IEEE Sixth International Conference on Global Software Engineering Workshop*, 2011. <https://doi.org/10.1109/ICGSE-W.2011.16>
- [16] A. A. Khan, *Communication Risk Framework in Global Software Development: Empirical Study in GSD*

César-Jesús Pardo-Calvache; Gustavo-Adolfo Salazar-Escobar; Gabriel-Fernando Vargas-Arias; Jhon-Eder Masso-Daza

*Industry*. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014.

- [17] A. Khan, S. Basri, and P. Dominic, "Communication risks in GSD during RCM: Results from SLR," In *International Conference on Computer and Information Sciences*, 2014. <https://doi.org/10.1109/ICCOINS.2014.6868448>
- [18] J. M. Verner, O. P. Brereton, B. A. Kitchenham, M. Turner, and M. Niazi, "Risks and risk mitigation in global software development: A tertiary study," *Information and Software Technology*, vol. 56 (1), pp. 54-78, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2013.06.005>
- [19] A. A. Khan, J. Keung, M. Niazi, S. Hussain, and A. Ahmad, "Systematic literature review and empirical investigation of barriers to process improvement in global software development: Client–vendor perspective," *Information and Software Technology*, vol. 87, pp. 180-205, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.03.006>
- [20] A. Iqbal, and S. S. Abbas, *Communication Risks and Best practices in Global Software Development*, Sweden: Blekinge Institute of Technology, 2011.
- [21] R. Jabangwe, and I. Nurdiani, *Global Software Development Challenges and Mitigation Strategies A Systematic Review and Survey Results*, Sweden: Blekinge Institute of Technology, 2010.
- [22] C. Vega Lebrun, L. S. Rivera Prieto, and A. Garcia Santillan, *Mejores Prácticas Para El Establecimiento y Aseguramiento de la Calidad del Software*, 2008.
- [23] J. Kontio, J. Bragge, and L. Lehtola, "The Focus Group Method as an Empirical Tool in Software Engineering," In *Guide to Advanced Empirical Software Engineering*, F. Shull, J. Singer, and D. I. K. Sjøberg, Eds. London: Springer London, 2008, pp. 93-116. [https://doi.org/10.1007/978-1-84800-044-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-84800-044-5_4)